



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

**KONSTRUKCE ČISTÍCÍ JEDNOTKY CENTRÁLNÍHO
PROTITLAKÉHO VÁLCE FLEXOTISKOVÉHO STROJE**

DESIGN OF CLEANING UNIT OF CENTRAL IMPRESSION CYLINDER FOR FLEXOGRAPHIC PRINTING
MACHINE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Jan Falta

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Pavel Černohous

BRNO 2017

Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav konstruování
Student: Bc. Jan Falta
Studijní program: Strojní inženýrství
Studijní obor: Konstruktivní inženýrství
Vedoucí práce: Ing. Pavel Černohous
Akademický rok: 2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Konstrukce čistící jednotky centrálního protitlakého válce flexotiskového stroje

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Při hromadné sériové výrobě obalů a etiket může při barevném potisku substrátu dojít k jeho přetržení nebo vybočení a k potisknutí povrchu centrálního válce flexotiskového stroje. Vrstva nečistot na povrchu centrálního válce nepříznivě ovlivňuje podmínky tlaku tiskové formy a výsledný motiv je pak vytištěn s vadami. Manuální čištění stroje je komplikované a vyžaduje sejmutí materiálu z povrchu válce, poloautomatický systém čištění výrazně zefektivní údržbu.

Typ práce: vývojová - konstrukční

Projekt: Vývojová zakázka (HS)

Cíle diplomové práce:

Hlavním cílem je vyvinout čistící jednotku centrálního protitlakého válce flexotiskového stroje s těmito parametry: čištění bez sejmutí potiskovaného materiálu, čištění po celé šířce válce, univerzální použití pro všechny typy strojů.

Dílčí cíle diplomové práce:

- identifikovat zástavbové možnosti a definovat koncepce řešení,
- zkonstruovat čistící jednotku centrálního válce,
- analyzovat tuhost a pevnost hlavního nosníku,
- realizovat funkční vzorek čistící jednotky,
- ověřit funkčnost navrženého systému.

Požadované výstupy: funkční vzorek, průvodní zpráva, výkres sestavení, fotografická dokumentace,

digitální data.

Rozsah práce: cca 72 000 znaků (40 - 50 stran textu bez obrázků).

Struktura práce a šablona průvodní zprávy jsou závazné:

http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/BP_DP/Zasady_VSKP_2017.pdf

Seznam literatury:

GECOL, Hatice, John F. SCAMEHORN, Sherril D. CHRISTIAN, Brian P. GRADY a Fred RIDDELL.

Use of surfactants to remove water based inks from plastic films. Colloids and Surfaces A:

Physicochemical and Engineering Aspects. 2001, 189(1-3), 55-64. DOI:

10.1016/S0927-7757(01)00591-X. ISSN 0927-7757.

CHOTIPONG, Arubol, John F. SCAMEHORN, Thirasak RIRKSOMBOON, Sumaeth CHAVADEJ a Pitt

SUPAPHOL. Removal of solvent-based ink from printed surface of high-density polyethylene bottles by

alkyltrimethylammonium bromides: Effects of pH, temperature, and salinity. Colloids and Surfaces A:

Physicochemical and Engineering Aspects. 2007, 297(1-3), 163-171. DOI:

10.1016/j.colsurfa.2006.10.043. ISSN 0927-7757.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17.

V Brně, dne 4. 11. 2016


prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.
ředitel ústavu




doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá návrhem a výrobou čisticí jednotky centrálního protitlakého válce flexotiskového stroje. Práce obsahuje vysvětlení principu flexotisku a přehled jednotlivých druhů flexotiskových strojů. Jsou zde rozebrána jednotlivá patentovaná řešení čisticích jednotek a jejich hlavní nároky. V další části této práce je uvedeno několik koncepčních návrhů, z nichž byla vybrána finální varianta pro následnou konstrukci a výrobu. V konstrukčním řešení jsou detailně popsány jednotlivé konstrukční uzly zařízení. Výstupem této práce je funkční vzorek čisticí jednotky, vyrobený a testovaný ve firmě SOMA Engineering s.r.o. Lanškroun. Čisticí jednotka usnadní práci obsluze flexotiskových strojů a také snižuje čas potřebný k očištění centrálního válce v porovnání s ručním čištěním.

KLÍČOVÁ SLOVA

Flexotisk, čisticí jednotka, centrální válec, vodní barvy, ředidlové barvy

ABSTRACT

This master's thesis is focused on design and manufacturing of prototype of central impression cylinder cleaning unit. This thesis contains explaining of basic principle of flexographic printing and preview of types of flexographic printing presses. There are explained patented cleaning units and main claims of every patented cleaning unit. In the next part of this thesis, there are some conceptual designs, from which was chosen the final design for manufacturing. In the next part of this work, there are detailly described each of the parts of cleaning unit. Prototype of the cleaning unit was manufactured and tested in the SOMA Engineering s.r.o. Lanškroun. Cleaning unit will simplify the work of operators and reduce time, needed to clean the central impression drum in comparison with manually cleaning.

KEYWORDS

Flexographic printing, cleaning unit, central impression drum, water-based inks, solvent-based inks

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

FALTA, J. *Konstrukce čistící jednotky centrálního protitlakého válce flexotiskového stroje*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2017. 101 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Pavel Černohous.

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval všem, kteří mi byli nápomocni v průběhu tvorby této diplomové práce i v průběhu studia. Nejdříve bych chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce, Ing. Pavlu Černohousevi za odborné vedení. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Miroslavu Podzemskému za odborné rady a cenné připomínky při konstrukci zařízení. Mé poděkování patří také Ing. Olegu Rosovi a Ing. Jiřímu Junkovi za tvorbu řídicího programu a také celému kolektivu firmy SOMA. Dále bych chtěl poděkovat také Ing. Martinu Tálskému, z firmy Pepperl+Fuchs za bezplatné poskytnutí indukčních snímačů. Poděkování patří také mé rodině za jejich podporu a trpělivost jak při psaní této diplomové práce, tak během celého studia.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci, *Konstrukce čistící jednotky centrálního protitlakého válce flexotiskového stroje*, vypracoval samostatně pod vedením Ing. Pavla Černohouse a že jsem uvedl všechny použité zdroje.

V Brně dne 19. 05. 2017

.....
Bc. Jan Falta

OBSAH

ÚVOD	11
2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ	12
2.1 Flexotiskové stroje	13
2.1.1 Archové stroje	13
2.1.2 Kotoučové stroje	13
2.2 Flexotiskové stroje firmy SOMA	15
2.3 Čistící jednotka	17
2.4 Flexotiskové barvy	18
2.5 Čistící prostředky	19
2.5.1 Použití surfaktantů k odstranění vodou ředitelných barev z polyetylenových folií	19
2.5.2 Použití surfaktantů k odstranění lihových barev z povrchu polyetylenových lahví	21
2.5.3 Komerčně používané čistící prostředky pro čištění flexotiskových strojů	22
2.6 Patentovaná řešení	23
2.6.1 Metoda a zařízení pro čištění válce tiskového stroje parou.	23
2.6.2 Zařízení pro čištění centrálního válce flexotiskového stroje s barevníky rozmístěnými satelitně kolem centrálního válce.	26
2.6.3 Zařízení pro čištění centrálního válce otíráním pomocí čistícího válce	27
2.6.4 Zařízení pro rychlé čištění centrálního válce flexotiskového stroje	28
2.6.5 Zařízení pro čištění tiskové formy flexotiskového stroje	30
3 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE	33
3.1 Analýza problému	33
3.2 Cíle práce	34
4 KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ	35
4.1 První varianta čistící hlavy s uložením rolí tkaniny na hřídelích	36
4.2 Druhá varianta čistící hlavy s uložením rolí tkaniny na upínacích kuželech	37
4.3 Třetí varianta s uložením hřídelí v kluzných pouzdrech	39
4.4 Čtvrtá varianta s přívodem čistícího prostředku do dvou míst	41
4.5 Lineární pohony	43
4.5.1 Lineární pohon se synchronním řemenem	43
4.5.2 Lineární pohon s kuličkovým šroubem	43
4.6 Zhodnocení a výběr optimální varianty	44
5 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ	45
5.1 Experimentální určení statického součinitele tření	46
5.2 Hlavní nosník	48
5.2.1 Konstrukce nosníku čistící hlavy	48
5.2.2 Lineární pohon	52
5.2.3 Lineární vedení	56
5.2.4 Energetický řetěz	57
5.2.5 Motor a jeho uložení	58
5.3 Čistící hlava	63
5.3.1 Uložení a převíjení tkaniny	63

5.3.2	Uložení hřidelí	65
5.3.3	Přítlak čisticí hlavy k centrálnímu válci	65
5.3.4	Lineární vedení čisticí hlavy	66
5.3.5	Rozvod čisticího prostředku a přitlačování tkaniny	68
5.3.6	Modální analýza nosných částí čisticí hlavy	69
5.3.7	Odměřování délky tkaniny	70
5.4	Čerpání čisticího prostředku	71
5.5	Pneumatická část	73
5.6	Testovací rám	75
5.7	Řídící program	75
6	DISKUZE	77
7	ZÁVĚR	80
8	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	81
9	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN	85
10	SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ	87
11	SEZNAM TABULEK	89
12	SEZNAM PŘÍLOH	90

1 ÚVOD

1

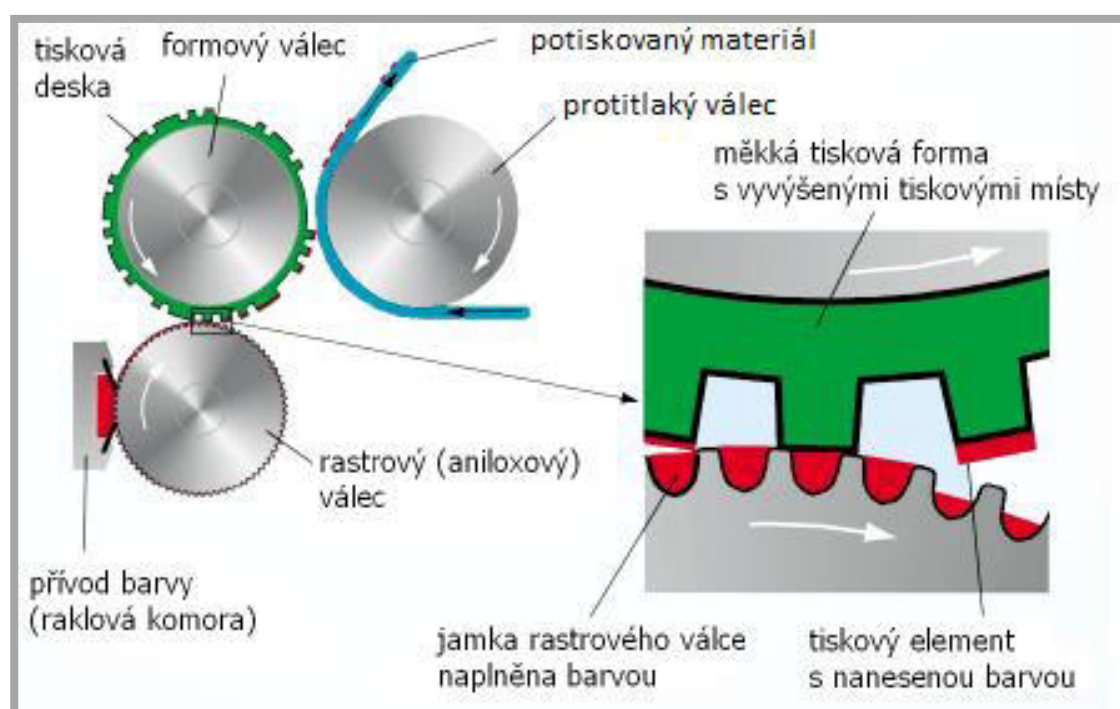
S produkty flexotisku se dnes již setkáváme každý den. Většina obalů výrobků denní potřeby je potištěna metodou flexotisku např. etikety PET lahví, obaly od cukrovinek, obaly od hygienických potřeb, atd.

Za více jak století vývoje si našla technologie flexotisku celou řadu uplatnění. V začátcích se tato technologie používala k potisku levných obalů a balicího papíru. Protože byl tisk prováděn pomocí gumových válců, do kterých byl motiv vyřezán ručně, nejednalo se tehdy o valnou kvalitu natištěného motivu. Po druhé světové válce došlo k velkému rozvoji flexotisku s výrobou výkonných rotačních strojů pro potisk obalového materiálu, avšak i nadále zde existovalo omezení kvality tisku v podobě gumové tiskové formy, kdy při malém tiskovém tlaku nedocházelo k plnému vybarvení tisknutého motivu a naopak při velkém tlaku docházelo k deformaci tištěného textu. Dalším významným milníkem se stal rok 1973, kdy byla objevena fotopolymerní tisková forma. Tato forma odstranila problémy s deformací způsobenou tiskovým tlakem, což znamenalo možnost potiskovat širokou škálu materiálů. V současné době již nachází flexotisk uplatnění v potisku celé řady materiálů, jako je například kartonáž, vlnitá lepenka, velkorozměrové papírové pytle a sáčky, hliníkové, polyetylenové, polypropylenové a polyamidové folie. [1]

Dnes je kladen velký důraz na vzhled výrobků, který ovlivňuje potencionálního zákazníka. Proto je nutné, aby motivy na obalech výrobků, zhotovených metodou flexotisku, měly bezchybný tvar a prvotřídní kvalitu provedení. Tuto kvalitu významně ovlivňuje kvalita a čistota povrchu centrálního válce. V případě pokrytí povrchu válce vrstvou nečistot nebo flexotiskovou barvou se mění jeho průměr, a tím se zvyšuje tlak na tiskovou formu, následkem čehož je výsledný motiv vytisknut s vadami. Proto vzniklo ve firmě SOMA Engineering zadání této práce. Firma SOMA Engineering je jediným výrobcem flexotiskových strojů v České republice.

2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

Flexotisk je metoda, která využívá tisk z výšky, tzn. že barva je na potiskovaný materiál přenášena elementy, které jsou vyvýšeny nad ostatními místy tiskové formy. Tisková forma je navinuta na formovém válci. Přenos barvy na potiskovaný materiál začíná nanesením barvy z raklové komory na povrch rastrového válce. Povrch rastrového válce je tvořen množstvím jamek o přesných rozměrech, které zajišťují přenos barvy. Po setření přebytečného množství barvy komorovými stěrači je barva nanášena na tiskovou formu a z ní již přímo na potiskovaný materiál. Jako opěrná plocha zde slouží centrální protitlaký válec. Sestava raklové komory, rastrového a formového válce se nazývá barevník. Znečištění centrálního válce má nepříznivý vliv na podmínky tlaku tisku. Princip flexotisku je znázorněn na obr. 2-1. [2]



Obr. 2-1 Princip flexotisku s využitím raklové komory [2]

2.1 Flexotiskové stroje

2.1

Flexotiskové stroje se vyznačují univerzálností, tyto stroje mohou být doplněny dalším příslušenstvím, například jednotkami pro jinou technologii tisku. Podle šíře potiskovaného materiálu se tyto stroje dělí na úzkoformátové (šíře tisku 250–500 mm), stroje se střední šíří tisku (kolem 1000 mm) a velkoformátové stroje o šíři tisku kolem 2000 mm. Velkoformátové stroje se využívají například k výrobě novin a mohou být doplněny archovacím a skládacím zařízením. [3]

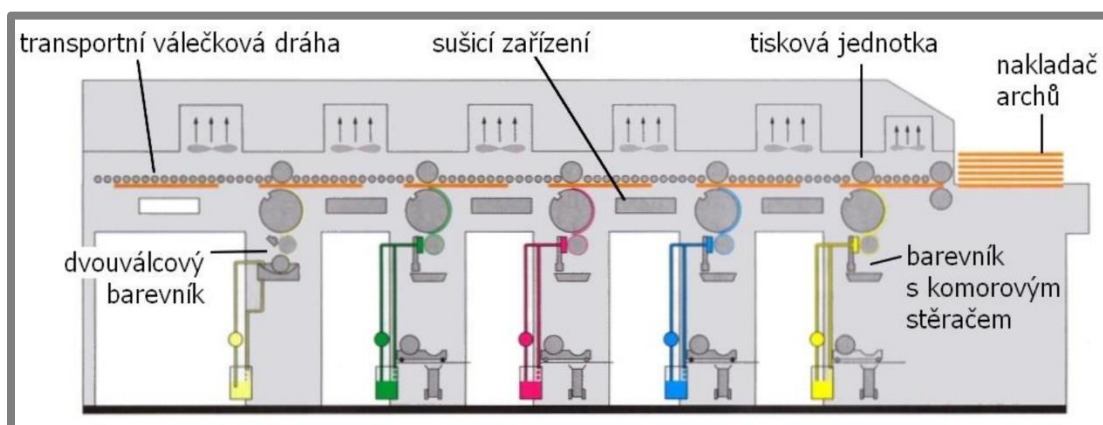
Flexotiskové stroje se dělí podle typu konstrukce na dvě základní skupiny:

- Archové stroje
- Kotoučové stroje

2.1.1 Archové stroje

2.1.1

Archové stroje (Obr. 2-2) jsou uzpůsobeny pro zpracování tuhých, neohebných materiálů, typicky například vlnitá lepenka o tloušťce až 12 mm. Potiskovaný materiál ve formě archů je založen do zásobníku stroje, a odtud je poté pomocí podtlakového válečkového dopravníku transportován přes všechny tiskové jednotky stroje. Celý stroj je konstruován tak, aby nedocházelo během tisku k ohýbání ani jiné deformaci materiálu. [2]



Obr. 2-2 Schematické zobrazení archového stroje [2]

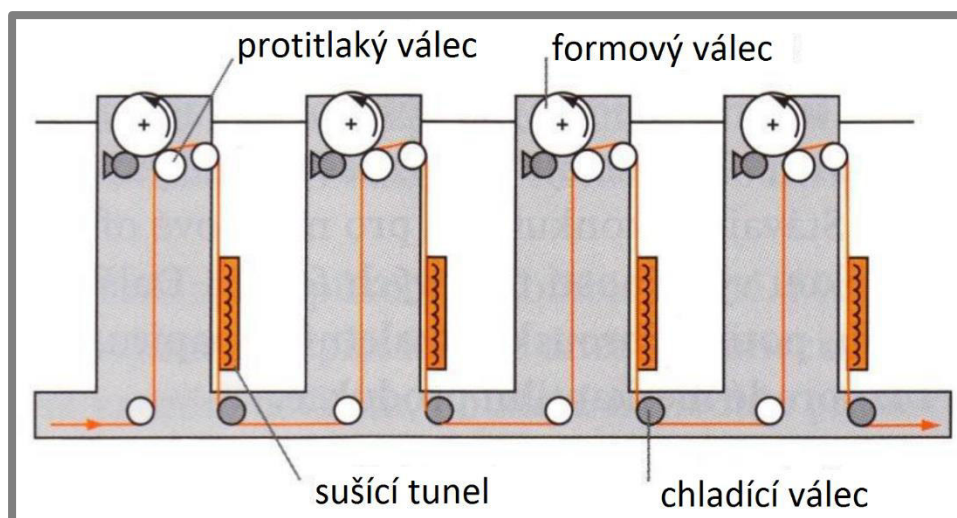
2.1.2 Kotoučové stroje

2.1.2

Tyto stroje potiskují materiál z role do role a tvoří početnou skupinu strojů pro potisk materiálu, jako je například papír, polyetylenové nebo polypropylenové folie. Tyto stroje mohou mít tři základní uspořádání barevníků, a to s barevníky za sebou, barevníky nad sebou a barevníky uspořádanými satelitně. [3]

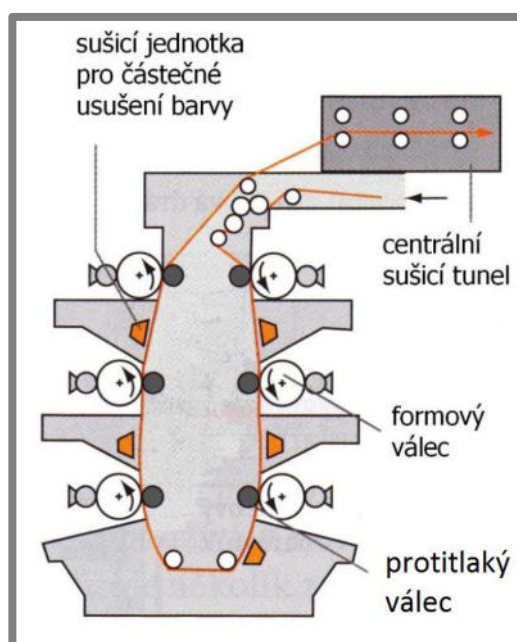
Kotoučové stroje s barevníky uspořádanými za sebou (Obr. 2-3) se vyznačují velkou mírou variability, kdy je možné snadno je doplnit o další barevníky, které se stavebnicově skládají za sebe, nebo jiné příslušenství. Tyto stroje mohou obsahovat deset i více barevníků. Nevýhodou těchto strojů je jejich délka a s tím spojené nároky na zástavbovou plochu. Další nevýhodou tohoto typu strojů je velká vzdálenost mezi jednotlivými barevníky, což způsobuje velké rozměrové změny při potisku flexibilních materiálů. V důsledku těchto změn musí být stroje vybaveny za každým barevníkem systémem regulace soutisku. Soutisk může být řízen buď kardanovou hřídelí, spojující jednotlivé barevníky, nebo hřídelí elektronickou. Elektronická hřídel

obsahuje motor a snímač polohy, který je řízen zadáváním žádané polohy z externího snímače úhlu natočení [4]. [5]



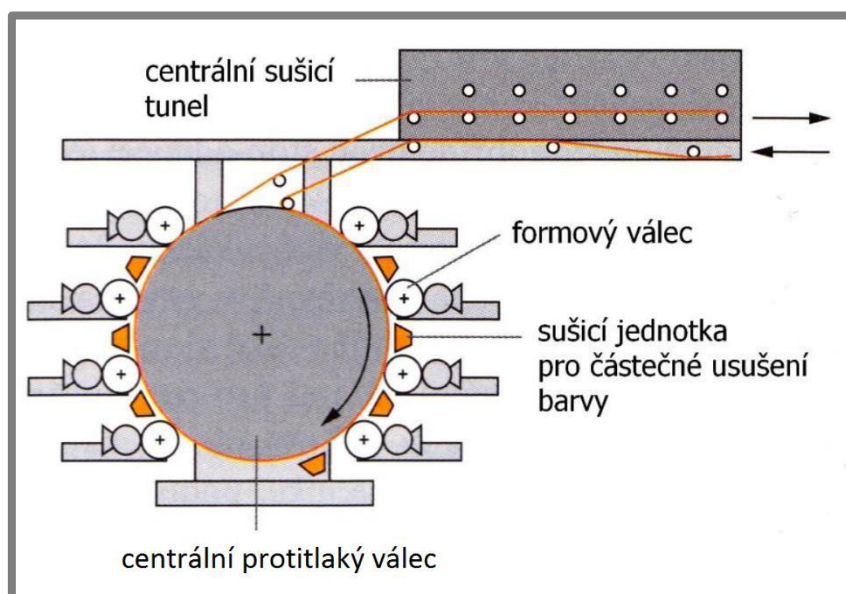
Obr. 2-3 Schéma stroje s barevníky uspořádanými za sebou [2]

Stroje s barevníky uspořádanými nad sebou (Obr. 2-4) mají oproti předchozí skupině strojů výhodu v menší zástavbové ploše stroje. Barevníky jsou zde v rámu stroje uspořádány nad sebou a používá se konfigurace stroje se čtyřmi, šesti nebo osmi barevníky. Nevýhodou těchto strojů je při vyšším počtu barevníků výška stroje, která znesnadňuje přístup k vrchním barevníkům. Tyto stroje také nemohou být jednoduše modifikovány (např. přidáním barevníku), protože všechny barevníky jsou uloženy v rámu stroje, který toto znemožňuje. Za každým barevníkem je umístěna sušící hlava pro částečné usušení barvy tak, aby nedocházelo k jejímu přenosu na další části stroje a tím znečištění stroje a znehodnocení potisku. Finální usušení materiálu probíhá v sušícím tunelu, který je umístěn za tiskovou jednotkou stroje. [2]



Obr. 2-4 Schéma stroje s barevníky uspořádanými nad sebou [2]

Stroje se satelitním uspořádáním barevníků kolem centrálního protitlakého válce (Obr. 2-5) odstraňují nevýhody obou předchozích typů strojů v oblasti soutisku a zástavbových prostorů. Na těchto strojích je možné dosáhnout velmi vysoké přesnosti soutisku. Materiál je na centrálním válci přitisknut téměř po celém jeho obvodu, čímž je zajištěna jeho fixace a rozměrová stabilita, což se uplatňuje hlavně při potisku flexibilních materiálů náchylných na rozměrové změny. Vzhledem k poměrně malým přitlakům používaným u flexotisku, je nutné, aby centrální válec splňoval přísné požadavky na geometrickou přesnost a rozměrovou stabilitu. Například obvodové házení nesmí přesahovat zhruba 5 μm a teplota musí být dodržována s přesností $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$, to vše při průměru válce pohybujícím se okolo dvou metrů. U tohoto typu strojů se běžně používá čtyři až deset barevníků. Mezi barevníky je vždy umístěna sušící hlava pro částečné usušení tisku. K pohybu barevníků směrem k centrálnímu válci a od něj jsou použity kuličkové šrouby ve spojení se servomotory. Pro uložení formového a rastrového válce do bočnic stroje je použito valivé, nebo kluzné hydrodynamické vedení, zajišťující vyšší tuhost. [2]



Obr. 2-5 Schéma stroje se satelitním uspořádáním barevníků [2]

2.2 Flexotiskové stroje firmy SOMA

2.2

Firma SOMA vyrábí flexotiskové stroje s centrálním protitlakým válcem od roku 1995. V současné době se ve výrobním programu této firmy nacházejí 3 flexotiskové stroje (Obr. 2-6). U všech těchto tří strojů, PREMIA, OPTIMA, OPTIMA², je použito satelitní rozmístění barevníků. Všechny stroje jsou nabízeny v osmibarevném provedení. Stroj OPTIMA reaguje na aktuální poptávku trhu, kdy jsou stále více vyžadovány krátké zakázky. Tento stroj může také sloužit k optimalizaci dlouhých zakázek. Vzhledem k rozměrům stroje je možné jej obsluhovat bez použití jakýchkoliv schůdků, plošin nebo žebříků. Stroj PREMIA je určen pro zákazníky požadující širší tisk až 1500 mm a obsahuje moderní technologie obvyklé u strojů vyšších tříd. Nejnovějším strojem v nabídce je OPTIMA², tento stroj je uzpůsoben pro rychlou výměnu zakázek a dokáže pokrýt až 90 % běžné produkce. Stroj je vybaven systémem pro nájezd tisku bez spotřebovaného materiálu, což zvyšuje produktivitu. Všechny stroje mohou být dodány v několika verzích širší tisku. K moderním flexotiskovým

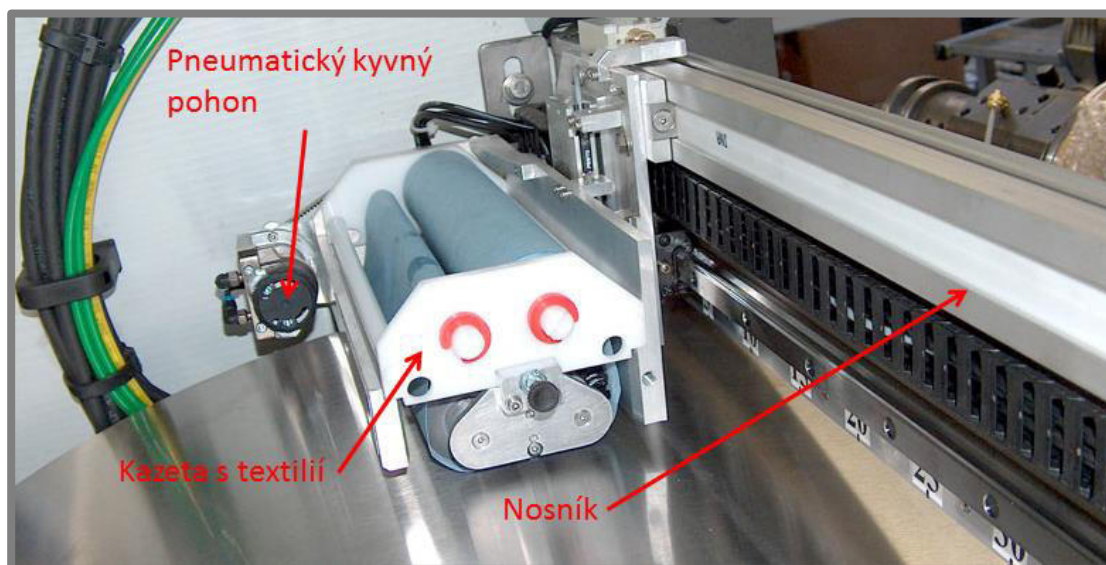
strojům neodmyslitelně patří nejnovější technologie zajišťující požadovanou produktivitu a kvalitu tisku, obslužnost a bezpečnost. Mezi nejdůležitější prvky ve výbavě strojů patří například systém tepelné stabilizace centrálního válce, který reguluje teplotu centrálního válce na teplotu okolí, ve spojení s elektronickou kompenzací tiskových přítlaků reguluje také odchylku teploty rámu stroje a centrálního válce. Na raklových komorách je nanесena patentovaná povrchová úprava POSITEC, která zajišťuje chemickou odolnost a odolnost proti otěru. Dalším patentovaným systémem je systém Fast adapt, kterým je automaticky kompenzováno opotřebení raklových nožů, které stírají přebytečnou barvu z povrchu rastrového válce. Dále jsou stroje vybaveny také systémy pro oddělení tahu v materiálu v jednotlivých částech stroje nebo systémy pro automatické mytí barevníků a pro automatické nastavení tiskových přítlaků. [6]



Obr. 2-6 Flexotiskové stroje firmy SOMA Engineering [6]

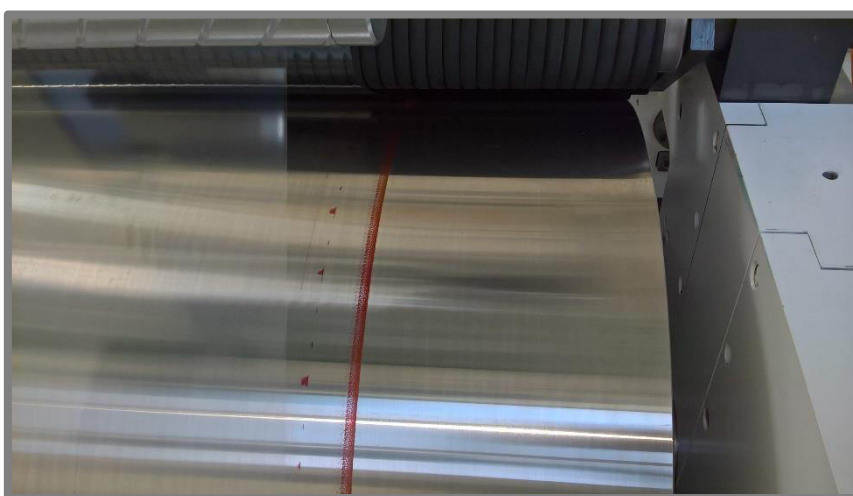
2.3 Čistící jednotka

V současné době firma SOMA odebírá čistící jednotky od francouzské společnosti DEFI SAS. Tato jednotka (Obr. 2-7) se skládá z několika základních částí: nosníku, elektromotoru, čisticí hlavy, lineárního pneumotoru, pneumatického kyvného pohonu, výměnné kazety s textilií a čerpadla. Tato jednotka je nabízená v rámci volitelného vybavení stroje. [7]



Obr. 2-7 Čistící jednotka společnosti DEFI SAS [8]

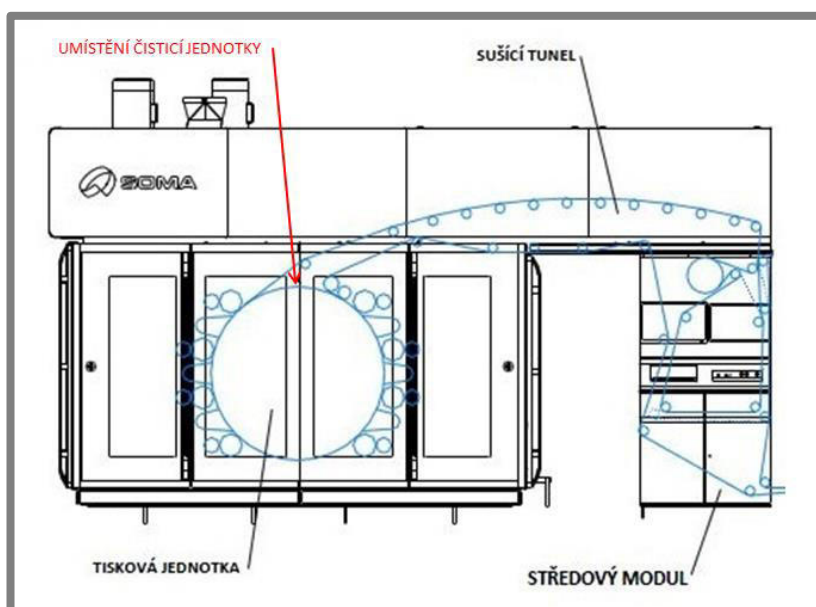
Princip čištění pomocí této jednotky je založen na otírání povrchu centrálního válce textilií, namočenou ve vhodném čisticím prostředku. Otírání povrchu válce je realizováno pomocí čisticí hlavy konající přímočarý vratný pohyb ve směru rovnoběžném s osou centrálního válce. Kmitavý pohyb je vyvozován pomocí elektromotoru a lineárního pohonu. Nosník je opatřen lineárním vedením, po kterém se pohybuje čisticí hlava. Čisticí hlava se nepohybuje po celé šířce centrálního válce, ale jen v místě, kde je válec znečištěn (Obr. 2-8).



Obr. 2-8 Typické znečištění centrálního válce

Do stíracího zařízení je vložena kazeta s netkanou textilií. Kazeta obsahuje svitek navinuté textilie, do které je během čištění vstřikován čisticí prostředek, po znečištění je textilie převinuta do druhého svitku. Po znečištění veškeré textilie je kazeta vyměněna za novou. Použité kazety se buď zlikvidují, nebo zašlou zpět k výrobcí na recyklaci (navinutí nové textilie). Výměna kazet probíhá ručně. Převíjení textilie je zajištěno pneumatickým kyvným pohonem. Potřebný přítlak stíracího zařízení k povrchu válce je realizován pomocí lineárního pneumotoru. Dodávku čisticího prostředku do stíracího zařízení zajišťuje čerpadlo. Jako čisticí prostředky jsou použity produkty od výrobce s označením HBR 36 pro vodou ředitelné barvy a HBR.D pro barvy ředidlové. Celá čisticí jednotka se umísťuje mezi první a poslední barevník (viz Obr. 2-9), to proto, že to je jediné místo kde na válci není potiskovaný materiál, čerpadlo a nádrž s čisticím prostředkem jsou umístěny v jednotce čerpání barev.

Tato jednotka je určena pro čištění centrálního válce bez sejmutí materiálu ve dvou fázích, což znamená dvě otáčky válce, k jeho úplnému vyčištění. V první fázi je povrch centrálního válce, pomocí čisticí hlavy, smáčen čisticím prostředkem. V průběhu této fáze, která vyžaduje jednu otáčku centrálního válce, jsou barva a ostatní nečistoty rozpouštěny. Poté následuje druhá fáze, při které jsou suchou tkaninou otírány nečistoty z povrchu válce.



Obr. 2-9 Umístění čisticí jednotky ve stroji [9]

Firma DEFI SAS s tímto zařízením dodává také řídicí systém, který se poté nahraje do řídicího systému celého flexotiskového stroje. Do tohoto softwaru se poté zadává např. množství použitého čisticího prostředku a axiální poloha čištěného místa.

2.4 Flexotiskové barvy

V oblasti flexotisku se v současné době používají převážně dva typy barev, a to barvy na bázi organických rozpouštědel (ředidlové) a vodou ředitelné. Zvláštní kategorií jsou pak UV barvy. Z obecného hlediska se flexotiskové barvy skládají ze čtyř základních složek, kterými jsou rozpouštědla, pojiva, pigmenty a speciální aditiva. Jako rozpouštědla jsou používány organické sloučeniny (např. etylalkohol) u barev

ředidlových nebo voda v případě barev vodou ředitelných. Pojiva jsou filmotvorné částice ve spojení s rozpouštědly. Pigmenty vyvolávají barevný vizuální vjem, jedná se o dispergované částice organického či anorganického původu. Speciální aditiva jsou pomocné látky ovlivňující konečné vlastnosti barev (např. matnost, přilnavost). Hlavními vlastnostmi, které jsou u barev sledovány, jsou viskozita barvy, rychlost zasychání, adheze, barevný odstín, lesk a odolnost proti otěru. [10]

Ředitlové barvy se používají převážně pro potisk nesavých materiálů (např. flexibilních plastových folií) nebo v případech, kdy je vyžadován vysoký lesk potisku a vyšší odolnost proti otěru. Výhodou těchto barev je vratný proces jejich zasychání. Zaschlý film je tedy možné opětovně rozpustit pomocí pravého rozpouštědla, většinou jsou používány estery, což usnadňuje čištění všech částí stroje, které přijdou s barvou do styku během tisku.

Vodou ředitelné barvy obsahují pojivo, které je většinou na bázi neutralizovatelných pryskyřic. Tyto barvy jsou nejčastěji používány pro potisk savých materiálů na bázi papíru. Určitou nevýhodou těchto barev, oproti barvám ředitlovým, je nevratný proces zasychání a také náchylnost na tvorbu pěny. Zaschlý barevný film je tedy nerozpustitelný vodou a jen v omezené míře rozpustitelný jinými rozpouštědly, proto je nutné čištění tiskového stroje provést dříve, než barva zaschne. Výhodou těchto barev je nízká cena a nenáročnost na zpracování.

UV barvy jsou vytvrzovány díky polymerizaci, která probíhá za pomoci UV záření. K vytvrzení těchto barev dochází ve velmi krátkém čase, v řádu desetin sekundy, což znamená jednu z největších výhod těchto barev. Tyto barvy mají i celou řadu dalších výhod, jako je například vysoká odolnost proti otěru, chemikáliím a povětrnostním vlivům. Tyto barvy neobsahují žádná rozpouštědla a nedochází k jejich volnému zasychání. Nevýhodou těchto barev je vyšší cena a dražší zařízení stroje pro jejich tisk.

2.5 Čisticí prostředky

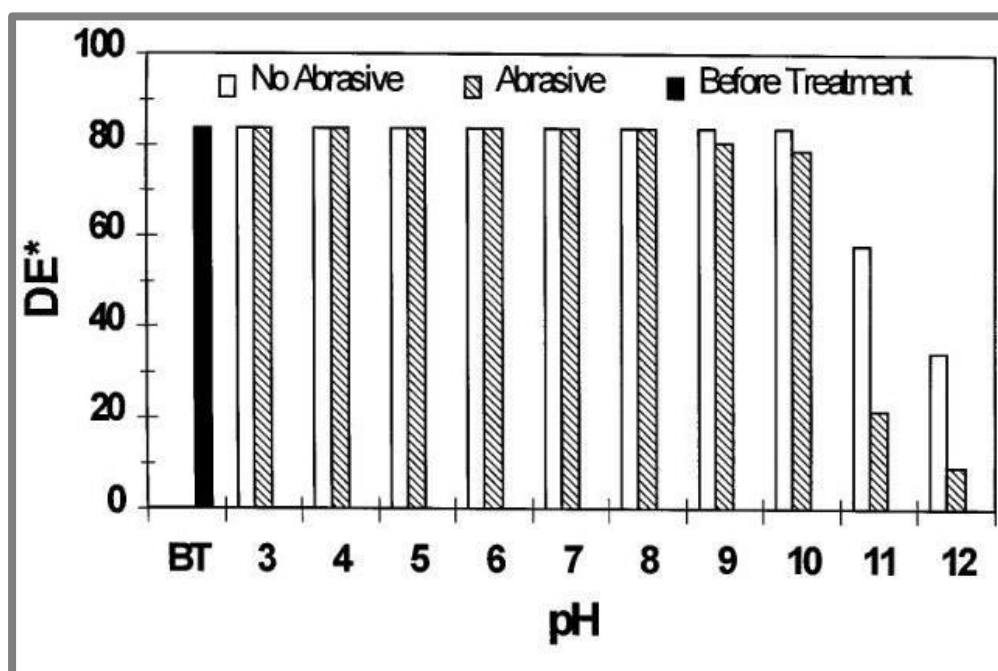
2.5

2.5.1 Použití surfaktantů k odstranění vodou ředitelných barev z polyetylenových folií

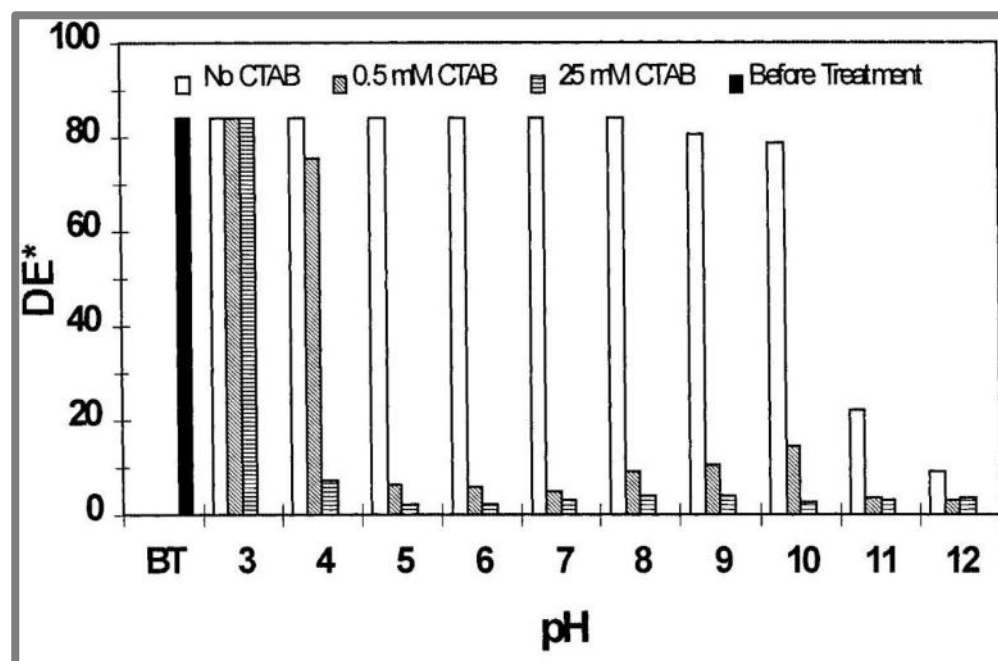
2.5.1

H. Gecol a spol. [11] se v tomto článku zabývali použitím surfaktantů k odstranění vodou ředitelných barev z povrchů polyetylenových folií. Surfaktanty jsou látky snižující povrchové napětí kapalin, v tomto případě rozrušují pojivo flexotiskové barvy. V experimentu byly použity čtyři různé surfaktanty: Cetrimonium bromid (CTAB), Dodecylsírán sodný (SDS), Cetylpyridinium chlorid (CPC), nonylfenol polyethoxylát NP(EO)₁₀ a dimethyl dodecylamin oxid (DDAO). Při experimentech autoři zkoumali také vliv pH na množství odstraněné barvy. Vzorky folií byly potištěny pěti barvami (bílá, černá, oranžová, fialová, růžová), a poté čištěny buď pouze deionizovanou vodou, nebo vodním roztokem surfaktantů. Vzorek folie o rozměrech 2.5 × 2.5 cm byl vyříznut z potištěné folie a vložen do nádoby s 20 ml roztoku (voda nebo roztok surfaktantu) a 20 porcelánovými kuličkami. Hodnota pH byla upravována pomocí hydroxidu sodného a kyseliny chlorovodíkové. S nádobou bylo protřepáváno po dobu 4 hodin a poté byl vzorek vyjmut, opláchnut vodou a usušen na vzduchu při pokojové teplotě. Celkovou barevnou diferencí mezi etalonem (čistá folie) a vzorkem (potištěná nebo očištěná folie) udává parametr DE, čím je DE nižší, tím více barvy je ze vzorku odstraněno. Z diagramu (Obr. 2-11) je patrné, že při odstraňování pouze pomocí vody vykazuje barevná difference pokles až při vyšších hodnotách pH, při pH 11 je odstraněno 30 % barvy a při pH 12 je odstraněno 60 %

barvy. Při těchto hodnotách pH se již začal uplatňovat mechanismus odstraňování barev z povrchu pomocí abrasivních částic. Při použití surfaktantů autoři zkoumali, jak vliv pH na odstraňování barvy, tak i koncentraci potřebnou ke zlepšení odstraňování barvy. Z článku vyplývá, že nejefektivnější je použití CTAB surfaktantu, který je možno použít v širokém rozsahu hodnot pH (Obr. 2-12).



Obr. 2-11 Závislost DE na pH při čištění folie pomocí deionizované vody [11]

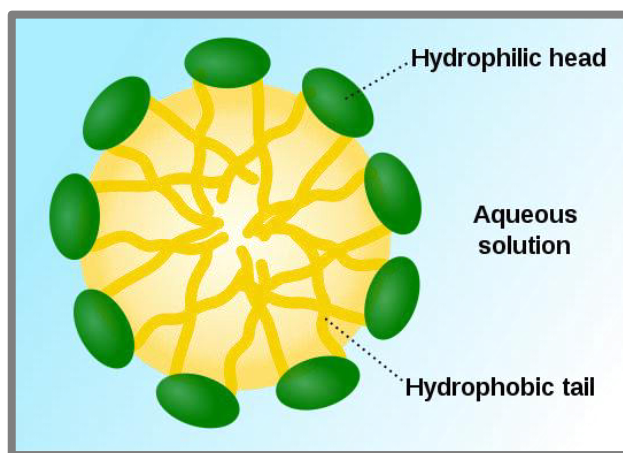


Obr. 2-10 Závislost DE na pH při čištění folie pomocí roztoku vody a CTAB o různých koncentracích [11]

2.5.2 Použití surfaktantů k odstranění lihových barev z povrchu polyetylenových lahví

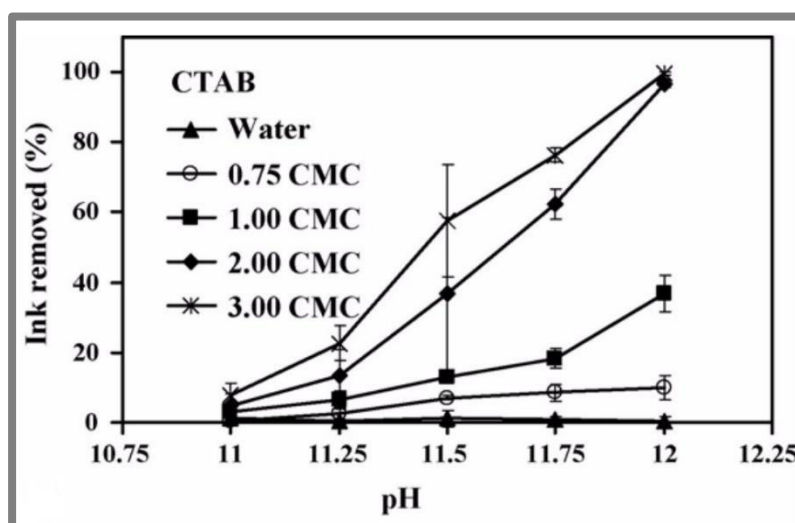
2.5.2

A. Chotipong a spol. [12] se zabývali výzkumem vlivu pH, teploty a salinity na množství odstraněné barvy. Experiment zahrnoval použití tří surfaktantů (DTAB, TTAB, CTAB). Při použití surfaktantu je barva z povrchu odstraňována pomocí micel. Micela je tvořena shluky molekul ve vodném roztoku, kdy jejich hydrofilní části jsou orientovány do vodného roztoku a jejich hydrofobní části jsou naopak skryty uvnitř (obr. 2-12) [13]. Uvnitř micel se mohou nacházet molekuly nebo částice, které by se jinak nedaly v roztoku rozptýlit.



Obr. 2-12 Schéma micely [14]

Micely se začínají tvořit při koncentraci surfaktantu v roztoku vyšší, než je kritická micelární koncentrace (KMK). Kritická micelární koncentrace použitých surfaktantů silně klesala s rostoucí salinitou roztoku (přidání chloridu sodného). Při tomto experimentu bylo zjištěno, že množství odstraněné barvy roste se zvyšující se koncentrací surfaktantů, rostoucí salinitou a hodnotou pH (obr. 2-13), naopak s rostoucí teplotou roztoku klesá množství odstraněného inkoustu.



Obr. 2-13 Závislost množství odstraněného inkoustu na pH a kritické micelární koncentraci (CMC) surfaktantu CTAB [12]

Dalšími vlivy, které příznivě ovlivňují proces odstraňování barvy z povrchu polyetylenových lahví, jsou vyšší doba protřepávání a přítomnost abrasiv [15].

2.5.3 Komerčně používané čisticí prostředky pro čištění flexotiskových strojů

Na celém světě se věnuje výrobě čisticích prostředků pro čištění flexotiskových strojů několik firem. Jako čisticí prostředky lze použít například etyl acetát, etanol, metoxypropanol aj. Většina dnes vyráběných čisticích prostředků obsahuje kombinaci těchto organických sloučenin. Některé firmy nabízejí také recyklaci použitých čisticích prostředků a výrobu nových za použití těchto recyklátů, to je výhodné jak z hlediska finančního, tak ekologického. [16-21]

Jedním z výrobců je firma Absolute Solvents Ltd sídlící ve Velké Británii. V nabídce této firmy se nacházejí čisticí prostředky obsahující organické sloučeniny. Některé čisticí prostředky z nabídky již nejsou klasifikovány jako hořlavé [16].

Českým výrobcem čisticích prostředků je firma RM Chemicals sídlící v Táboře. Zadavatel od této firmy odebírá produkt AGR 99. Jedná se o čisticí přípravek složený z etyl acetátu, etanolu, metoxypropanolu a dalších látek. Jedná se o hořlavý a toxický výrobek, což vyžaduje zvláštní podmínky pro skladování a manipulaci [17].

Dalšími výrobci jsou například firmy Solvents Australia Pty Ltd, s produktem KLENASOL 2001, FlintGroup s produkty řady Nylosolv, C.K. Chemicals aj. [18,19,22]

2.6 Patentovaná řešení

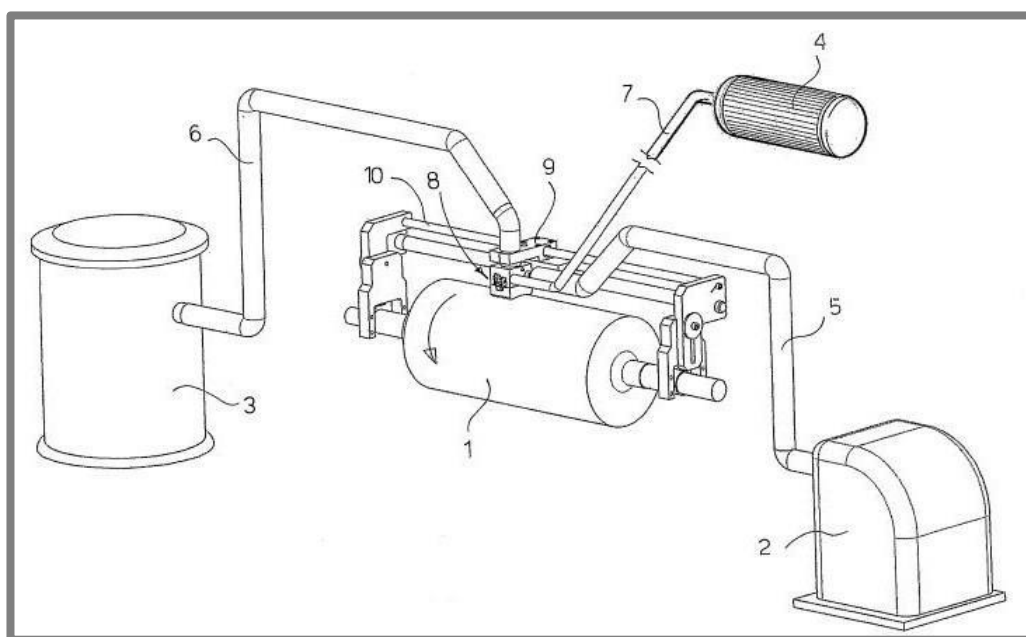
2.6

V patentových databázích Espacenet, Evropského patentového úřadu, a PATENTSCOPE, Světové organizace duševního vlastnictví, bylo nalezeno celkem pět patentů zabývajících se čištěním povrchu centrálního protitlakého válce a formového válce flexotiskového stroje. Tyto patenty byly publikovány v rozmezí let 2004 až 2015 [23, 24].

2.6.1 Metoda a zařízení pro čištění válce tiskového stroje parou.

2.6.1

V tomto zařízení (Obr. 2-14) je k čištění povrchu válce používána vodní pára [25]. Po vyčištění je pára, společně s nečistotami, odsáta pomocí odsávacího zařízení. K následnému usušení povrchu je použit proud stlačeného vzduchu.

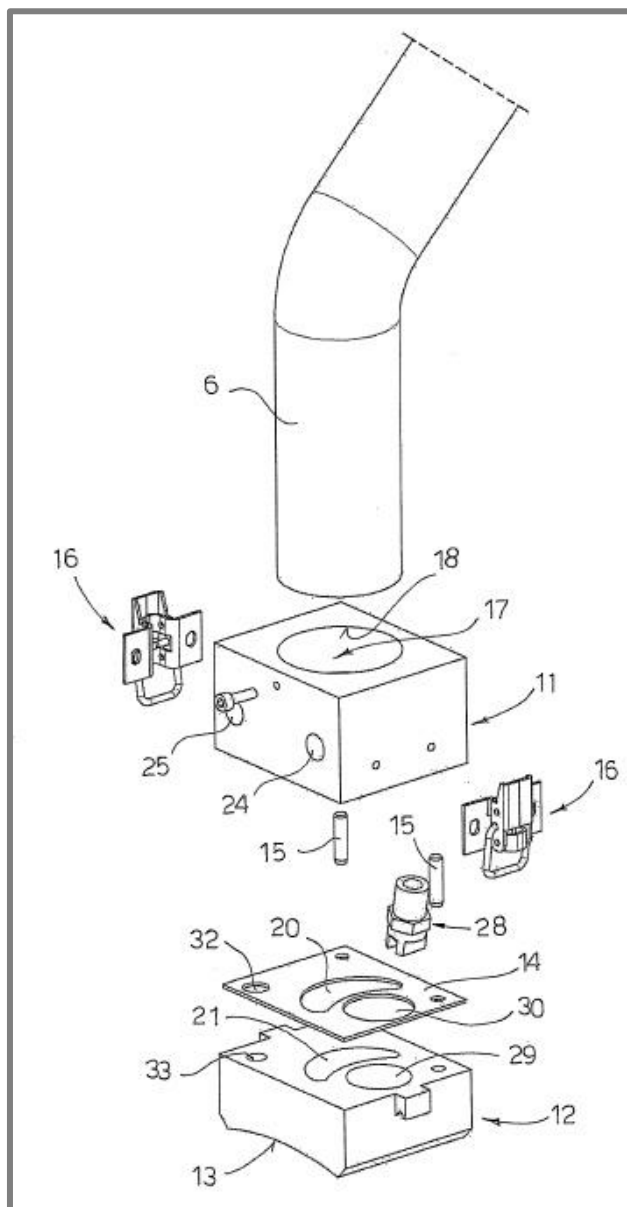


Obr. 2-14 Zařízení pro čištění centrálního válce pomocí páry. [25]
1 – centrální válec, 2 – zásobník páry, 3 – odsávání nečistot,
4 – kompresor, 5; 6; 7 – potrubí, 8 – čistící hlava, 9 – nosník čistící
hlavy, 10 – vodící tyč

Pára je dopravována ze zásobníku do čistící hlavy. Čistící hlava se pohybuje ve směru osy válce. Pro usušení povrchu válce je do čistící hlavy přiváděn stlačený vzduch z kompresoru. Toto zařízení umožňuje čistit formové válce flexotiskového stroje bez nutnosti je demontovat, čištění je možno provádět během tisku.

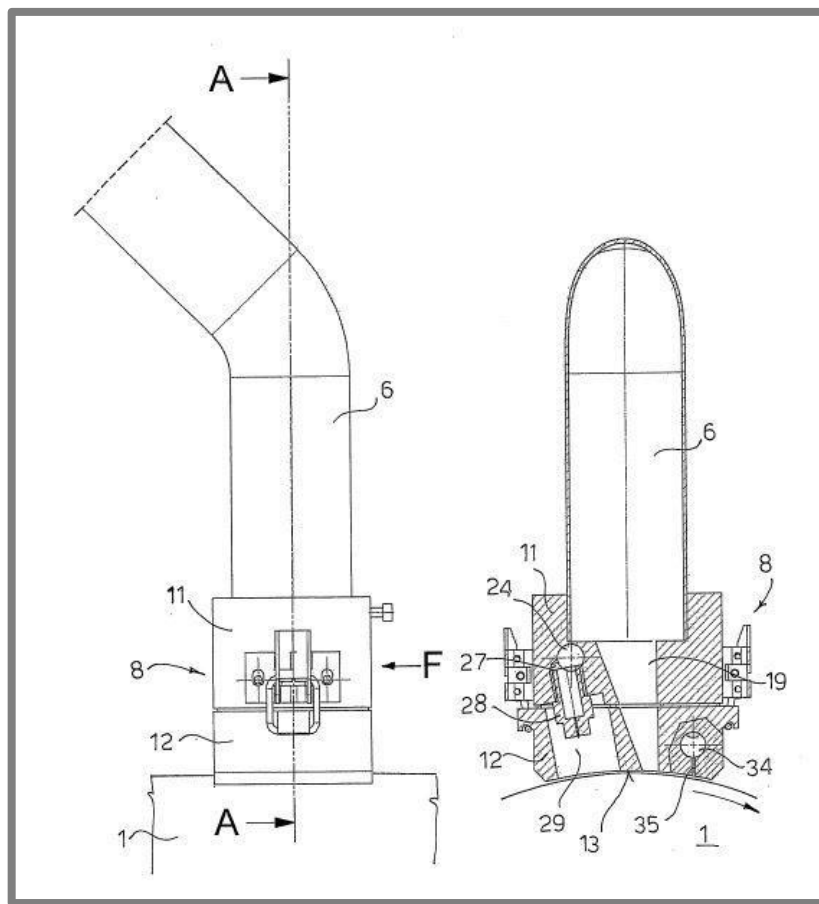
Vedení čistící hlavy v axiálním směru válce je zajištěno pomocí vodící tyče. Nosník čistící hlavy je na této tyči uložen pomocí vodících pouzder.

Těleso čistící hlavy se skládá z vrchní a spodní části (viz Obr. 2-15), mezi které je vloženo těsnění, vzájemná poloha těchto dvou částí je zajištěna pomocí středících kolíků. Spojení vrchní a spodní části je zajištěno pomocí dvou upínačů. Do obou částí tělesa jsou zhotoveny otvory pro odsávání nečistot a přívod páry a stlačeného vzduchu. Otvor pro odsávání nečistot přechází postupně od obloukového tvaru ve spodní části, až do kulatého v části vrchní.



Obr. 2-15 Rozložený pohled na čisticí hlavu [25].
 6- potrubí odsávání, 11 – vrchní část, 12- vrchní část,
 13 – spodní plocha hlavy, 14 – těsnění, 15 – středící kolíky,
 16 – upínače, 17,18,20,21 – výstup odsávání,
 24 – přívod páry, 25 – přívod stlačeného vzduchu,
 28 – tryska, 29,30 – otvory pro trysku, 32,33 – otvory pro
 přívod vzduchu

Na obrázku 2-16 je zobrazena čisticí hlava v řezu. Přívod páry na povrch válce je realizován pomocí trysky. Tato tryska je odkloněna o 10° od svislé osy tak, aby byl zajištěn směr proudění kolmý na povrch válce. Pomocí páry jsou z povrchu válce uvolněny zbytky barvy a ostatní nečistoty. Tato směs páry a nečistot je poté odsáta kanálem přes potrubí do odsávání. Odsávací kanál je umístěn dále po směru otáčení válce za tryskou. K odstranění zbytkové vlhkosti je zde použit stlačený vzduch. Stlačený vzduch je přiváděn na povrch válce sérií svislých otvorů propojených větším vodorovným otvorem, do kterého je připojen vývod z kompresoru.



Obr. 2-16 Čistící hlava [25]

1 – centrální válec, 6 – potrubí odsávání, 8 – čistící hlava, 11 – vrchní část, 12 – spodní část, 13 – spodní plocha hlavy, 19 – kanál pro odsávání nečisto, 24 – otvor pro přívod páry do trysky, 27 – přívod páry do trysky, 28 – tryska, 34 – vodorovný otvor pro přívod vzduchu, 35 – svislý otvor pro přívod vzduchu

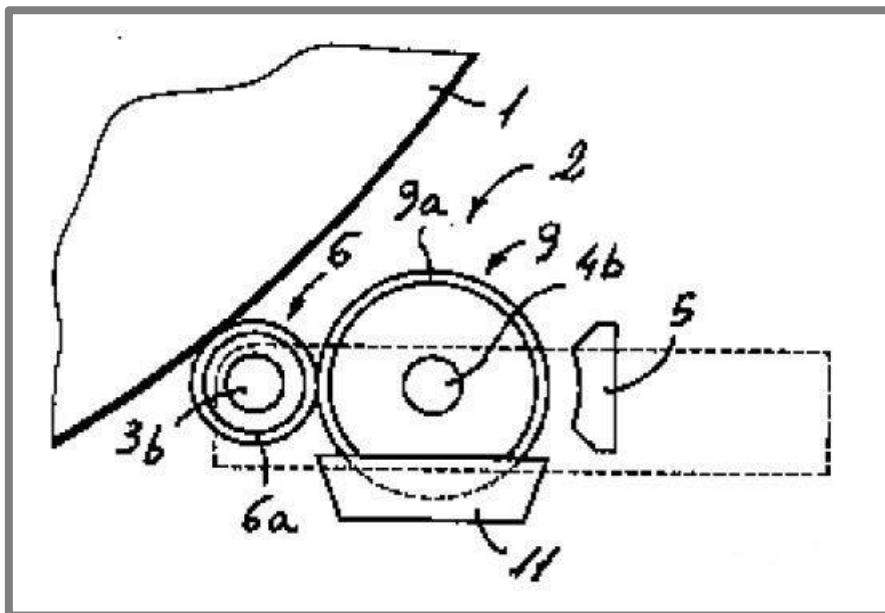
Pro čištění vodou ředitelných barev je použita pouze pára. Při čištění ředidlových barev je nutné do páry přidat příměsi na bázi glykolu a etylacetátu v koncentraci 30 % až 50 %.

Hlavní patentové nároky:

- Hlavním patentovým nárokem je způsob čištění, kdy je na povrch centrálního protitlakého válce vstřikován čisticí prostředek a poté jsou nečistoty z tohoto povrchu odsávány.
- Čisticím prostředkem je vodní pára.

2.6.2 Zařízení pro čištění centrálního válce flexotiskového stroje s barevníky rozmístěnými satelitně kolem centrálního válce.

Španělská firma COMEXI SA má patentováno čištění povrchu centrálního válce pomocí výměny formového a rastrového válce za válce čistící [26]. Toto řešení (Obr. 2-17) zahrnuje dvě možnosti čištění, a to čištění s použitím a bez použití čistícího prostředku.



Obr. 2-17 Čištění za použití solventu, [26]

1 – centrální válec, 2 – barevník, 3b – jádro formového válce, 4b – jádro rastrového válce, 5 – raklová komora, 6 – čistící válec, 6a – povrch čistícího válce, 9 – válec pro přenos solventu, 9a – povrch válce pro přenos solventu, 11 – nádrž na solvent

V obou případech musí být z centrálního válce sejmut potiskovaný materiál. Při čištění bez použití čistícího prostředku je od sebe formový a rastrový válec vzdálen tak, aby nedocházelo k jejich vzájemnému kontaktu. Formový válec je nahrazen válcem čistícím, s povrchem vhodným k otírání centrálního válce. Formový válec může být vyměněn celý nebo pouze jeho vnější část, tzv. návlek. Z centrálního válce je sejmut potiskovaný materiál. Poté je čistící válec přisunut k centrálnímu válci tak, aby se ho dotýkal. Otírání centrálního válce je realizováno roztočením obou válců s rozdílnými obvodovými rychlostmi nebo opačným smyslem otáčení. Při čištění s použitím čistícího prostředku je kromě formového válce vyměněn i válec rastrový. Rastrový válec je nahrazen válcem s povrchem vhodným pro přenos čistícího prostředku na válec čistící, opět může být nahrazený celý válec nebo pouze návlek. Dále je pod místo, kde byl rastrový válec, umístěna nádrž s čistícím prostředkem. Po výměně obou válců a instalaci nádrže s čistícím prostředkem jsou válce přemístěny tak, aby se nacházely jak ve vzájemném kontaktu, tak kontaktu čistícího a centrálního válce. Otírání povrchu centrálního válce je realizováno výše zmíněným způsobem. Osušení povrchu válce po čištění je zajištěno pomocí sušící hlavy, nacházející se za barevníkem.

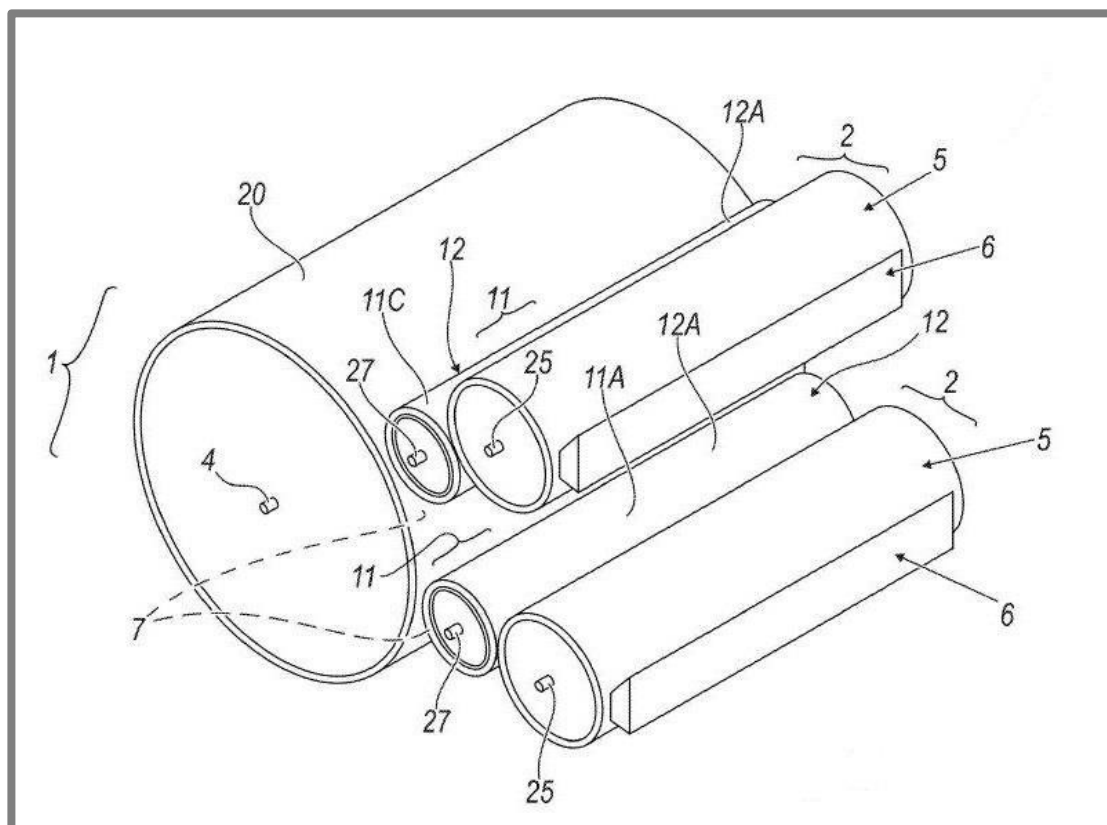
Hlavní patentové nároky

- Čištění je určeno pro stroje s centrálním protitlakým válcem, okolo kterého jsou rozmístěny barevníky.
- Hlavním patentovým nárokem je postup čištění, kdy je minimálně v jednom barevníku formový válec odstraněn z kontaktu s válcem centrálním a nahrazen válcem čistícím. Poté jsou čistící a centrální protitlaký válec uvedeny do vzájemného pohybu.
- Čistící válec, musí mít vhodný povrch pro čištění centrálního protitlakého válce.

2.6.3 Zařízení pro čištění centrálního válce otíráním pomocí čistícího válce

2.6.3

Italská firma ROSSINI S P A má od roku 2014 patentováno čištění centrálního válce pomocí čistících návleků, které jsou v jednom nebo několika barevnících vyměněny za návleky s tiskovou formou [27]. Toto řešení (Obr. 2-18) je podobné patentu firmy COMEXI SA.



Obr. 2-18 Čistící jednotka ROSSINI, [27]

1 – centrální válec, 2 – barevník, 4 – osa rotace centrálního válce, 5 – rastrový válec, 6 – raklová komora, 7 – sleeve s tiskovou formou, 11 – čistící válec, 12 – sušící válec, 20 – povrch centrálního válce, 25 – osa rastrového válce, 27 – osa formového válce

Při čištění touto metodou musí být potiskovaný materiál sejmut z povrchu centrálního válce. Jeden barevník je nahrazen čistícím zařízením. Návlek s tiskovou formou je nahrazen čistícím válcem a rastrový válec je nahrazen válcem pro přenos čistícího prostředku. Do raklové komory tohoto barevníku je přiveden čistící prostředek pro ředidlové nebo vodou ředitelné barvy. V případě nahrazení pouze jednoho barevníku čistícím zařízením je u čistícího válce umístěn břit, který z jeho

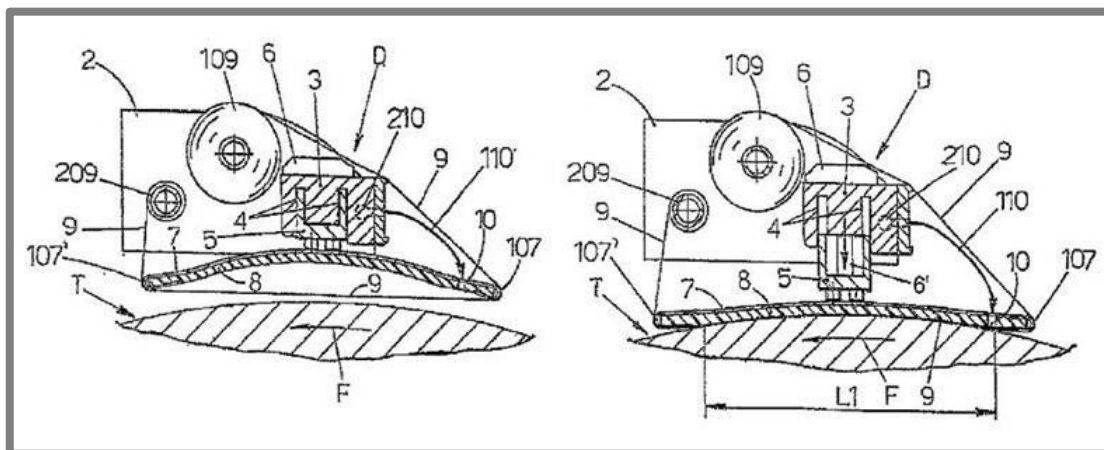
povrchu snímá nečistoty. V případě nahrazení dvou barevníků je přiváděn čistící prostředek pouze do prvního barevníku po směru rotace centrálního válce, na druhém barevníku je vyměněn pouze návlak s tiskovou formou za válec s povrchem určeným k osušení centrálního válce. Otírání je vždy realizováno rotací čistících válců v opačném smyslu, než je smysl rotace centrálního válce.

Hlavní patentové nároky:

- Čištění je určeno pro stroje s centrálním protitlakým válcem, okolo kterého jsou rozmístěny barevníky.
- Čištění probíhá ve třech fázích, nejdříve jsou nečistoty rozpuštěny, ve druhé fázi jsou z povrchu válce otřeny a ve třetí fázi je povrch válce osušen.
- Zařízení vyžaduje záměnu formového válce, v minimálně jednom barevníku, za válec čistící.

2.6.4 Zařízení pro rychlé čištění centrálního válce flexotiskového stroje

Italská firma Elettra S.r.l. má patentováno zařízení pro čištění povrchu centrálního válce bez sejmutí potiskovaného materiálu [28]. Tato čistící jednotka funguje na podobném principu jako výše zmíněná jednotka společnosti DEFI SAS. Zařízení se umísťuje mezi první a poslední barevník (viz Obr. 2-9).



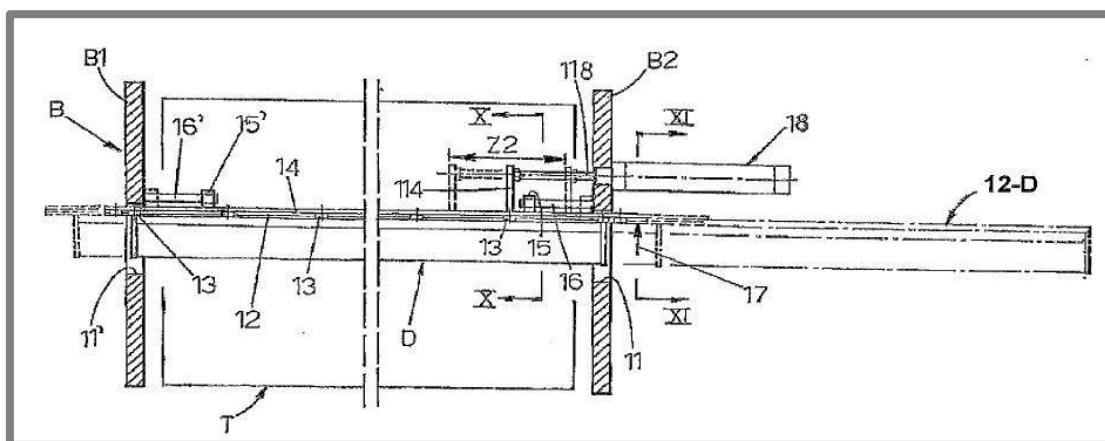
Obr. 2-19 Stírací zařízení: vlevo v klidové poloze, vpravo v pracovní poloze [28]

2 – nosné plechy, 3 – hlavní příčný nosník, 4 – vodící plochy, 5 – pohyblivý nosník, 6 a 6' – hydraulický píst, 7 – přitlačný plech, 8 – vulkanizovaná pryž, 9 – čistící tkanina, 10 – otvor pro přívod solventu do tkaniny, 107 – zaoblení přitlačného plechu, 109 – odvíjecí role, 110 – hadice pro přívod solventu, 209 – navíjecí role, 210 – rozvodné těleso, D – stírací zařízení, T – povrch válce, F – smysl otáčení, L1 – čistěná délka

Stírací zařízení (obr. 2-19) se skládá ze dvou nosných plechů, příčného nosníku, pohyblivého nosníku s připevněným přitlačným plechem, hydraulických pístů, hadic pro přívod čistícího prostředku, rozvodu čistícího prostředku, tkaniny a rolí pro odvíjení čisté tkaniny a navíjení tkaniny znečištěné. Povrch přitlačného plechu je pro zamezení skluzu tkaniny pokryt vulkanizovanou pryží. Přitlačný plech je vyroben s menším poloměrem, než je poloměr centrálního válce tak, aby po přitlačení na povrch válce vlivem deformace dokonale přiléhal. Na náběžných okrajích přitlačného plechu jsou vyrobena zaoblení pro plynulé nabíhání čistící tkaniny. Přívod čistícího prostředku je v rozvodném tělese rozdělen do několika sekcí po celé jeho šířce. Tyto sekce mohou být zásobovány různým množstvím čistícího prostředku podle aktuální potřeby. Z rozvodného tělesa je čistící prostředek

dopravován do místa čištění hadicemi, které ústí do otvorů v přítlačném plechu. Přítlak stíracího zařízení je vyřešen pomocí hydraulických pístů, které umožňují i jeho regulaci.

Kmitavý pohyb stíracího zařízení po povrchu válce je zajištěn pomocí dvojčinného lineárního pneumotoru (viz obr. 2-20). Zařízení může čistit povrch válce kmitavým pohybem ve směru jeho osy rotace nebo pouze staticky, setrváním na jednom místě, otáčením centrálního válce a převíjením tkaniny.



Obr. 2-20 Čistící jednotka – vrchní pohled [28]

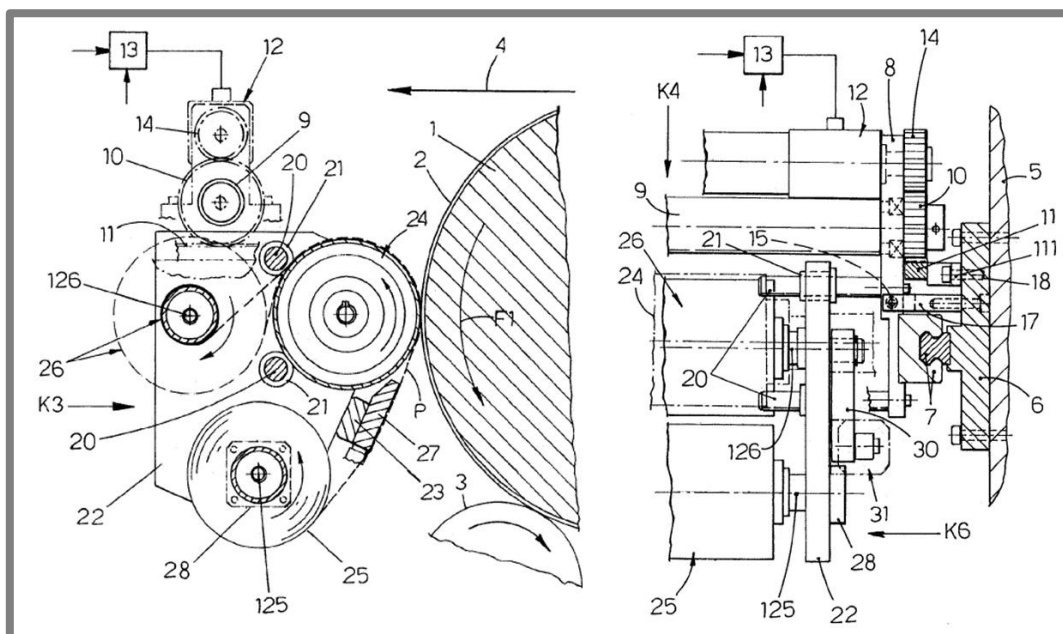
T – centrální válec, B1 a B2 – bočnice stroje, D – stírací zařízení, Z2 – čistěná šířka, 11 a 11' – odlehčovací otvory v bočnicích, 12-14 – kluzná vedení, 15 a 16 – vodící tyče, 17 – bezpečnostní závora, 18 – dvojčinný pneumatický píst, 114 – konzola připevňující pístnici ke stíracímu zařízení, 118 – stírací zařízení

Hlavní patentové nároky:

- Zařízení obsahuje pohyblivý příčník, rovnoběžný s osou rotace centrálního válce, kluzně uložený na prodlouženích vyvedených z rámu stroje.
- Přítlačný plech, uložený na příčníku, čistící tkanina a rozvod čistícího prostředku mají stejnou šířku jako centrální válec.
- Kmitání přítlačného plechu a čistící tkaniny ve směru rovnoběžném s osou centrálního válce.
- Minimálně v jedné bočnici stroje musí být zhotoven otvor pro výměnu tkaniny bez nutnosti sejmutí materiálu z povrchu centrálního válce.

2.6.5 Zařízení pro čištění tiskové formy flexotiskového stroje

Další patent italské firmy Elettra s.r.l., z roku 2015, se zabývá čištěním tiskové formy, navinuté na formovém válci flexotiskového stroje [29]. Zařízení pracuje na principu čištění tiskové desky otíráním tkaninou (obr. 2-21 vlevo). Tkanina je navlhčena čisticím prostředkem.



Obr. 2-21 Zařízení pro čištění tiskové formy firmy Elettra s.r.l. [29]

Vlevo – čistící jednotka, vpravo – pohled ze směru K3

1 – formový válec, 2 – tisková forma, 3 – centrální válec, 5 – rám stroje, 6 – upínací deska, 7 – lineární vedení, 8 – primární nosný plech, 9 – synchronizační hřídel, 10 a 14 – ozubená kola, 11 – ozubený hřeben, 12 – elektromotor, 13 – řídicí jednotka, 15 – pružina pro vymezení vůle v ozubení, 17 – úchyt pružiny, 18 – šroub, 20 – vodící tyče, 21 – vodící pouzdra, 22 – sekundární nosný plech, 23 – příčník, 24 – přitlačný válec, 25 – cívka s čistou tkaninou, 26 – cívka s použitou tkaninou, 27 – rozvod čisticího prostředku, 28 – brzda odvíjené role, 125 a 126 – osy rolí, F1 – smysl rotace formového válce, P – čistící tkanina, K3,4 a K4 – směry pohledů

Otírání je realizováno pomocí otáčení formového a přitlačného válce v opačném smyslu. Tkanina je k tiskové formě přitlačována přitlačným válcem. Převíjení tkaniny může být krokové nebo kontinuální. Rychlost převíjení tkaniny musí být dostatečně vysoká, vzhledem k obvodové rychlosti tiskové formy, aby se při jejím znečištění nedostávaly nečistoty do prohlubní tiskové formy. Tisková forma je čištěna po celé šířce najednou.

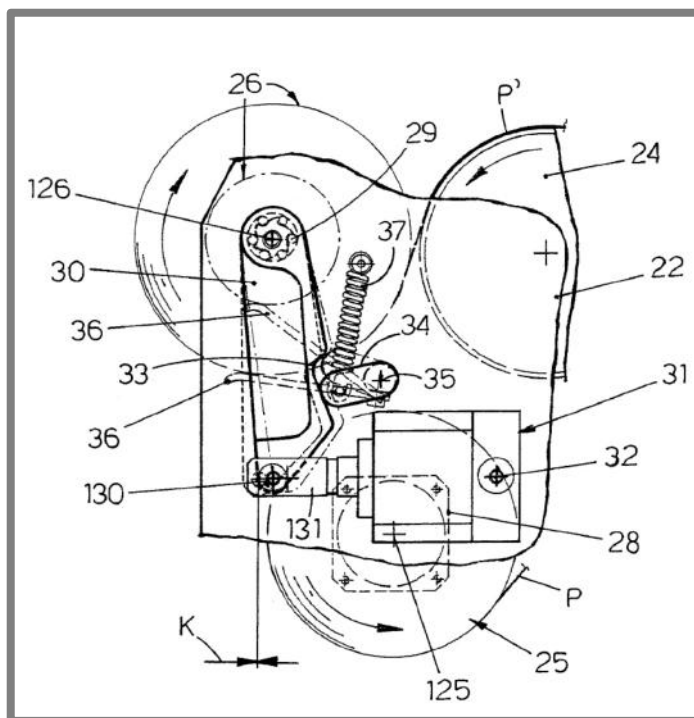
Hlavními částmi zařízení jsou: odvíjená a navíjená role, přitlačný válec, rozvod čisticího prostředku, převod ozubenými koly a ozubeným hřebenem, elektromotor a lineární vedení.

Celé zařízení je umístěno mezi bočnicemi flexotiskového stroje. Přisun čistící hlavy k povrchu tiskové formy je zajišťován pomocí převodu ozubenými koly a ozubeným hřebenem, pohon je zajištěn elektromotorem. Elektromotor je umístěn pouze na jedné straně, převod krouticího momentu na druhou stranu je zajištěn použitím synchronizační hřídele s ozubenými koly na obou koncích. Pro vymezení vůle v ozubení je ozubený hřeben k ozubenému kolu přitlačován pružinou. Celá čistící jednotka je uložena v rámu stroje pomocí lineárního valivého vedení

(obr. 2-21 vpravo), na obrázku je zobrazena pouze jedna část, druhá část je zrcadlově symetrická.

Čistící účinek může být zvýšen také kmitáním tkaniny ve směru osy formového válce. Při kmitání se pohybuje pouze navíjená a odvíjená role, přítlačný válec, rozvod čistícího prostředku a pohon převíjení tkaniny. Kmitavý pohyb je vyvozen pomocí dvou jednočinných lineárních pneumotorů umístěných proti sobě. K přesnému vedení kmitavého pohybu zde slouží vodící tyče a vodící pouzdra (viz obr. 2-21).

Pro odvíjení tkaniny o stále stejné délce je čistící zařízení vybaveno vačkovým mechanismem (obr. 2-22). V tomto případě je převíjení tkaniny řešeno krokově. Mechanismus obsahuje volnoběžnou spojku, páku, lineární pneumotor, tažnou pružinu, excentrický omezovač zdvihu a čepel. Čepel je pevně spojena s excentrickým omezovačem zdvihu a dotýká se povrchu navíjené role. S rostoucím poloměrem se natáčí kolem bodu upnutí a excentrický omezovač se pohybuje po vačkovém profilu, vytvořeném na páce, tím je omezován zdvih lineárního pneumotoru. Čepel je na povrch role přitlačována tažnou pružinou (viz obr. 2-22). Lineární pneumotor může být dvojčinný nebo jednočinný s návratem do výchozí polohy pružinou. Otáčení navíjené role pouze v jednom směru je zajištěno volnoběžnou spojkou.



Obr. 2-22 Mechanismus pro převíjení tkaniny [29]

22 – sekundární nosný plech, 24 – přítlačný válec, 25 – cívka s čistou tkaninou, 26 – cívka s použitou tkaninou, 28 – brzda odvíjené role, 29 – volnoběžná spojka, 30 – páka, 31 – lineární pneumotor, 32 – upnutí lineárního pneumotoru, 33 – vačkový profil, 34 – excentrický omezovač zdvihu, 35 – bod otáčení, 36 – čepel, 37 – tažná pružina, 125 a 126 – osy rolí, 130 – spojení pístní tyče a páky, 131 – pístní tyč, P – čistá tkanina, P' – znečištěná tkanina, K – maximální zdvih lineárního pneumotoru

Hlavní patentové nároky:

- Zařízení obsahuje odvíjenou roli, navíjenou roli a přítlačný válec o stejné šířce, jakou má tisková forma.

- Role a přítlačný válec jsou orientovány tak, aby jejich osy byly rovnoběžné s osou přítlačného válce.
- Uložení rolí a přítlačného válce musí umožňovat přísun a odsun přítlačného válce k tiskové formě, při přísunu je tisková forma otírána tkaninou.
- Tkanina je odvíjena v opačném směru, než jaký je smysl rotace formového válce.
- Odvíjení tkaniny může být přerušované nebo kontinuální.
- Tkanina může být navlhčena čisticím prostředkem přímo v zařízení nebo může být navlhčena před vložením do zařízení.
- Přítlačný válec může být uložen staticky nebo otočně a musí mít dostatečnou pevnost v ohybu. Maximální povolený průhyb při přitlaku k tiskové formě je 0,05 mm.

3 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE

3

3.1 Analýza problému

3.1

Na základě zpracované rešerše se jako největší problém čisticí jednotky od firmy DEFI jeví skutečnost, že čištění centrálního válce probíhá ve dvou fázích. Při první fázi se nečistoty a zaschlá barva pouze rozpustí, ale zůstanou na povrchu válce, což způsobuje znečištění potiskovaného materiálu ze strany, kde není realizován potisk, při otáčení centrálního válce během fáze druhé. Takto znečištěný materiál poté znesnadňuje jeho další zpracování, protože se musí znečištěná část z role odstranit

Dle výše uvedených článků, se jako vhodný čisticí prostředek jeví vodní roztok surfaktantu CTAB, je vhodný pro oba typy používaných barev (vodou ředitelné, ředidlové). Tento typ roztoku je účinný při poměrně široké škále hodnot pH. Hlavní nevýhodou tohoto prostředku je jeho neověřené působení na další části flexotiskového stroje (např. chromovaný povrch centrálního válce, hadice, tiskové formy). Vzhledem k tomu, že na těchto strojích je možné potiskovat i obaly potravin a léčiv, vzniká zde riziko kontaminace těchto materiálu čisticím prostředkem na bázi tohoto surfaktantu.

Na trhu je celá škála komerčních čisticích prostředků. Jejich použití je výhodné, protože jsou snadno k dostání a jejich účinek je prověřený. Další výhodou komerčně prodávaných čisticích prostředků je možnost jejich recyklace po použití, čímž se zmenšuje ekologická zátěž při procesu čištění stroje.

Konstrukce čisticí jednotky se s přihlédnutím k požadavkům zadání této práce bude odvíjet od principu čisticích jednotek společností DEFI SAS a Elettra S.r.l. (viz kapitola 2.6.4). Tyto jednotky umožňují čištění povrchu centrálního válce bez sejmutí materiálu. Rozměry těchto jednotek jsou vyhovující vzhledem k omezenému zástavbovému prostoru v místě instalace jednotky. Výměna znečištěné tkaniny bude prováděna manuálně, kdy se v čisticí hlavě vymění pouze role s použitou tkaninou. Čištění pomocí vodní páry (kapitola 2.6.1) je příliš komplikované z důvodu nutnosti instalace jak samotného zdroje páry, tak i ostatních potřebných součástí (např. odsávání). Řešení čištění centrálního válce podle patentů společností COMEXI SA a ROSSINI S P A je nevyhovující hned z několika důvodů. Prvním důvodem je nesplnění jednoho z bodů zadání, čištění bez sejmutí potiskovaného materiálu. Druhým důvodem je obsazení jednoho nebo více barevníků čisticím zařízením, což snižuje produktivitu stroje odebráním jedné nebo více tisknutých barev. Dalším důvodem je poměrně velká náročnost úkonů prováděných obsluhou stroje. Obsluha musí vyjmout formové a rastrové válce, sejmut materiál a po vyčištění opět materiál protáhnout celou tiskovou jednotkou. Princip čištění centrálního protitlakého válce podle zařízení v kapitole 2.6.5 je nevyhovující z hlediska zástavbových rozměrů celého zařízení, kdy je vyžadován průhyb přitlačného válce maximálně 0,05 mm a také velmi špatný přístup k rolím tkaniny při umístění dle obrázku 2-9.

Vzhledem k tomu, že zařízení bude umístěno v prostoru, ve kterém dle směrnice ATEX 94/9/ES může vznikat výbušná atmosféra, je třeba podle této skutečnosti volit materiály a komponenty.

3.2 Cíle práce

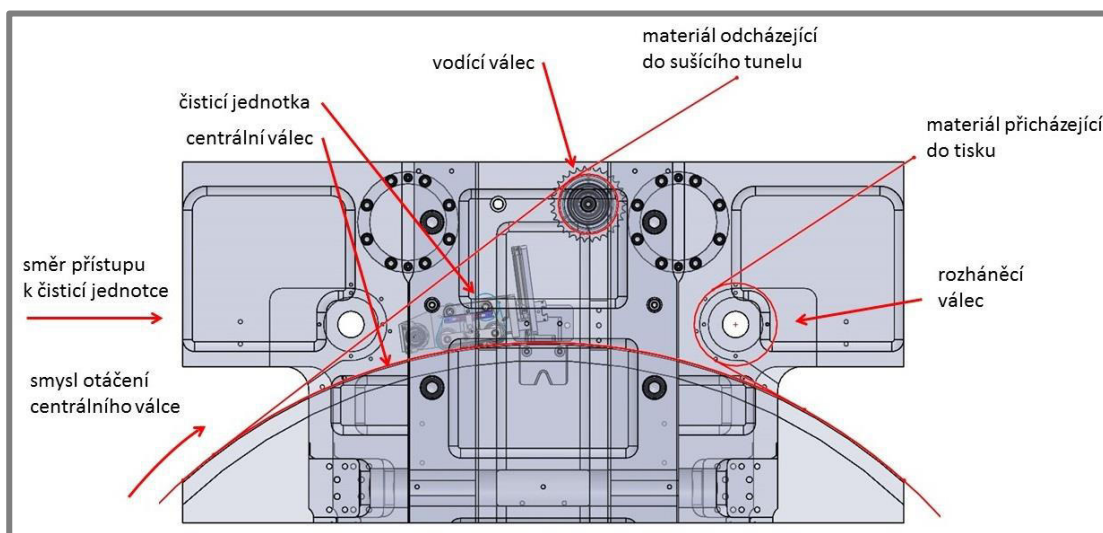
Cílem práce je konstrukce čisticí jednotky centrálního protitlakého válce. Tato jednotka bude čistit povrch centrálního válce bez nutnosti sejmutí potiskovaného materiálu.

Dílčími cíli jsou:

- Identifikovat zástavbové možnosti a definovat koncepce řešení
- Zkonstruovat čisticí jednotku centrálního válce
- Analyzovat tuhost a pevnost hlavního nosníku
- Realizovat funkční vzorek čisticí jednotky
- Ověřit funkčnost navrženého systému
- Ruční výměna použité textilie
- Čištění vodou ředitelných a ředidlových barev

4 KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ

Vzhledem k požadavku čištění povrchu centrálního válce bez sejmutí potiskovaného materiálu existuje pouze jediné místo, kam lze čisticí jednotku umístit. Jedná se o prostor mezi místem, kde potiskovaný materiál vstupuje na centrální válec a místem, kde z něj odchází po potisku dále do sušicího tunelu stroje. Toto místo je vyznačeno na obrázku 4-1. Pro jednoduchost je zde zobrazen pouze rozháněcí a vodící válec s částí bočnic a centrálního válce. Rozháněcí válec slouží k dokonalému napnutí materiálu v příčném směru před vstupem do tisku. Vodící válec slouží k vedení materiálu do sušicího tunelu. Princip čištění spočívá v otírání povrchu centrálního válce tkaninou, do které je napouštěn čisticí prostředek. Čisticí prostředek je závislý na typu čištění barvy. Čistá tkanina je odvíjena z jedné role a během čištění je přitlačována na povrch centrálního válce, po jejím znečištění je navinuta na druhou roli se znečištěnou tkaninou. Převíjení tkaniny není kontinuální, ale převíjí se vždy jen část tkaniny o určité délce. Aby se povrch válce znovu neznečistil, musí být tkanina v čisticí hlavě převíjena proti smyslu rotace centrálního válce.

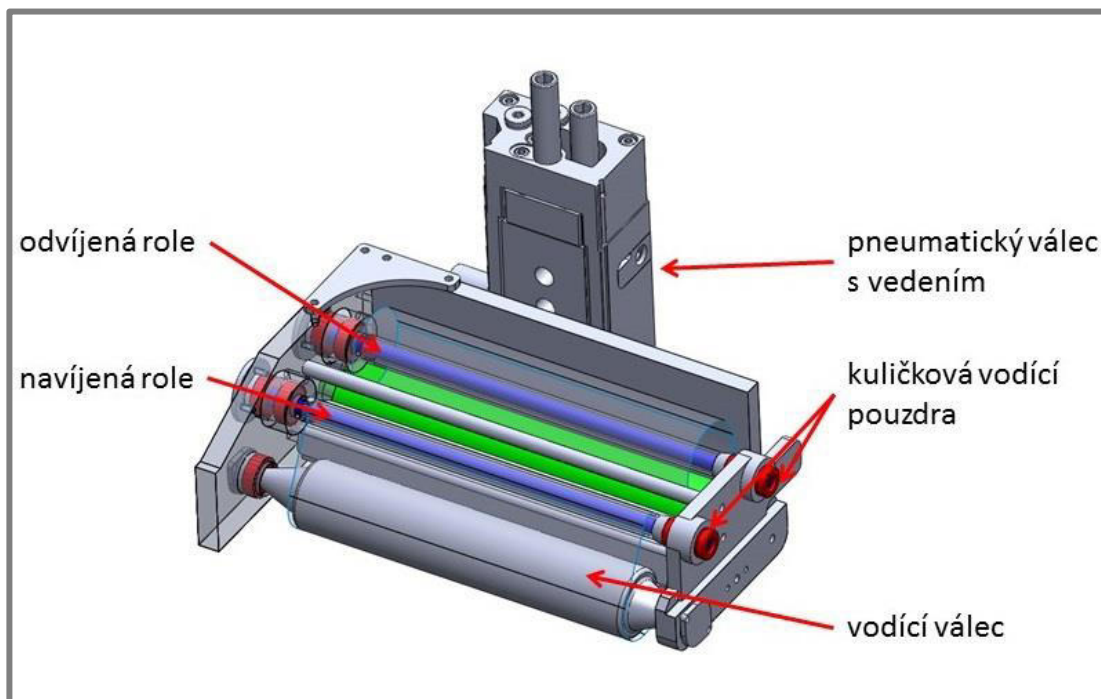


Obr. 4-1 Umístění čisticí jednotky

Přístup k čisticí jednotce pro seřízení a výměnu rolí se znečištěnou tkaninou bude z důvodu přítomnosti rozháněcího válce směřován z levé strany při pohledu ze strany obsluhy stroje (viz Obr. 4-1). Pohon převíjení znečištěné tkaniny je vyřešen pomocí pneumatického kyvného pohonu FESTO DSR-10-180-P ve spojení s volnoběžkou FESTO FLSR-10-L a převodu se synchronním řemenem. Všechny varianty jsou orientovány v souladu s rozdělením stroje na stranu pohonu a na stranu obsluhy. Elektromotor zajišťující pohon pro oscilační pohyb čisticí hlavy v axiálním směru centrálního válce je tedy uložen na straně pohonu.

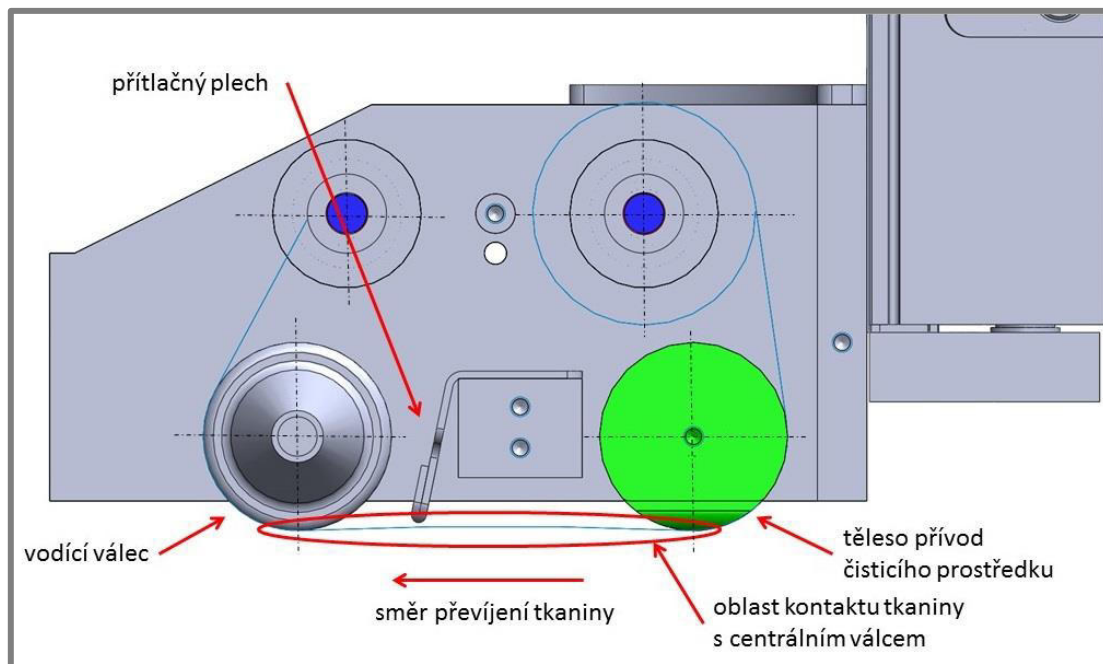
4.1 První varianta čistící hlavy s uložením rolí tkaniny na hřídelích

V této variantě konstrukčního uspořádání čistící hlavy (Obr. 4-2) jsou role tkaniny uloženy na hřídelích. Uložení hřídelí je na jednom konci realizováno pomocí kuličkových ložisek s kosoúhlým stykem, tak aby bylo zamezeno pohybu hřídele v axiálním směru. Pro snadnou výměnu rolí jsou na druhém konci hřídele uloženy v kuličkových vodících pouzdrech. Přenos krouticího momentu z hřídele na roli s tkaninou je řešen pomocí kolíků nalisovaných v hřídelích a drážky na jednom konci dutinek.



Obr. 4-2 První varianta čistící hlavy

Oblast kontaktu tkaniny a povrchu centrálního válce leží mezi vodícím válcem s pogumovaným povrchem a tělesem přívodu čistícího prostředku (Obr. 4-3). Dodatečný přítlak tkaniny k povrchu centrálního válce je zajištěn pomocí pružného plechu, který také snímá statický náboj z tkaniny. Vodící válec je uložen na kuličkových ložiskách s kosoúhlým stykem. Výměna tkaniny probíhá odšroubováním bočnice s kuličkovými pouzdry a následným vyjmutím rolí s použitou tkaninou a založením rolí nových. Těleso přívodu čistícího prostředku je v čistící hlavě uloženo staticky. Přítlak čistící hlavy k povrchu centrálního válce je zajištěn pomocí lineárního pneumotoru s integrovaným vedením.



Obr. 4-3 Řez čistící hlavou

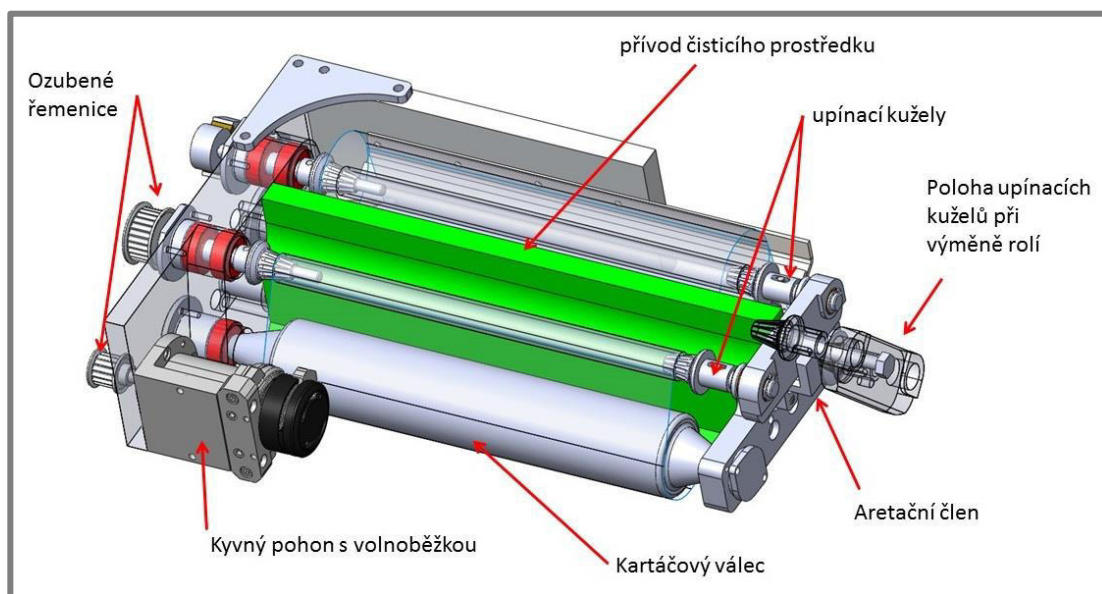
- Výhody:** Jednoduchá konstrukce.
Dobrý přenos krouticího momentu na roli se tkaninou.
- Nevýhody:** Malá plocha pro přítlačování tkaniny.
Čistící prostředek je přiváděn až na konci průchodu válce pod čistící hlavou.
Náročnější výměna tkaniny z důvodu nutnosti odšroubování bočnice s vodícími pouzdry.

4.2 Druhá varianta čistící hlavy s uložením rolí tkaniny na upínacích kuželech

4.2

U této varianty (Obr. 4-4) je těleso s přívodem čistícího prostředku přesunuto do středu, mezi dva vodící válce. První vodící válec je kartáčový. Kartáčový válec zde zajišťuje jednak napnutí tkaniny v příčném směru a také zajišťuje lepší schopnost čistící hlavy kopírovat povrch centrálního válce, při větší vrstvě nečistot na jeho povrchu se nebude čistící hlava naklánět. Druhý vodící válec je pogumovaný, aby byla tkanina na válec co nejvíce přítlačována a docházelo k dokonalému setření zbytků nečistot. Čistící hlava je vybavena ohnutým plechem pro snímání statického náboje z odvíjené role.

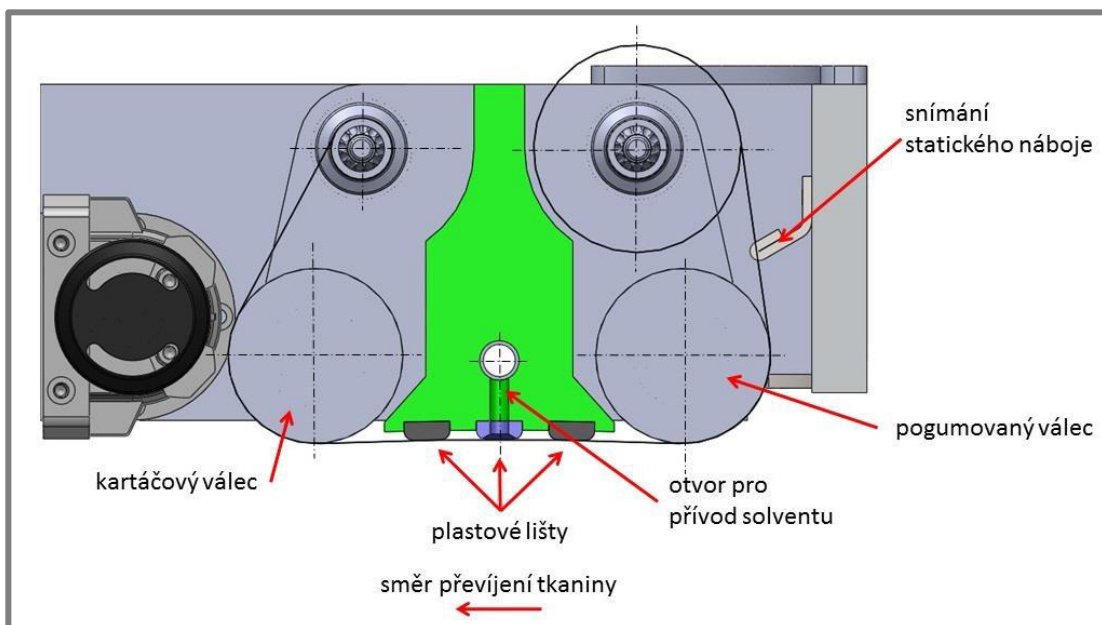
Tkanina je dále přítlačována na centrální válec pomocí plastových lišt. V prostřední plastové liště jsou zhotoveny otvory pro přívod čistícího prostředku po celé šířce tkaniny (Obr. 4-5). Celá čistící hlava je přítlačována k povrchu centrálního válce stejným lineárním pneumatorem, jako v první variantě (na obrázku 4-4 není zobrazen). Role s tkaninou jsou v této variantě upnuty mezi dvěma upínacími kužely. Hřídele, přes které je na kužely přiváděn krouticí moment, potřebný k převíjení, jsou uloženy v kuličkových ložiskách s kosoúhlým stykem. Spojení hřídelí a kuželů je realizováno pomocí nalisovaných kolíků. Pro výměnu rolí je nejprve nutné otočením odjistit aretační člen a poté vysunout a pootočit plech, ve kterém jsou v kluzných pouzdrech uloženy upínací kužely. Aretace je zajištěna odpruženým šroubem s kuličkou, našroubovaným v aretačním členu.



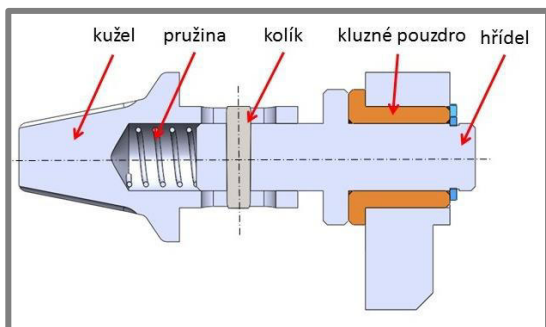
Obr. 4-4 Druhá varianta čistící hlavy

Pro lepší upnutí rolí a případnou eliminaci délkové nepřesnosti dutinek, jsou upínací kužely na pohyblivé straně na hřídelích uloženy posuvně a obsahují vložené pružiny vyrovnávající délkové odchylky (viz Obr. 4-6).

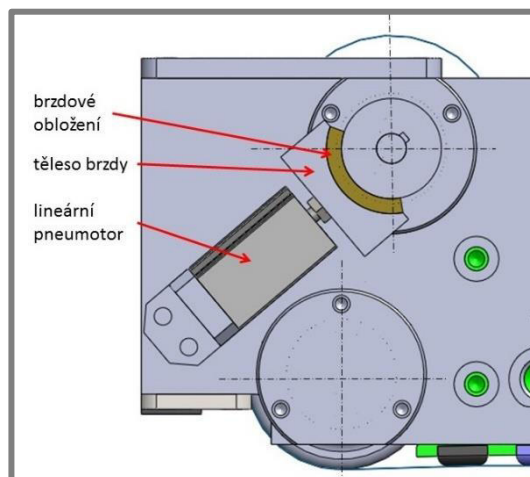
Pro vyvození tahové síly ve tkanině a její napnutí je nutné brzdit odvíjenou roli (Obr. 4-7). Brzda je tvořena lineárním pneumotorem, na jehož pístnici je našroubováno těleso brzdy s brzdovým obložením.



Obr. 4-5 Řez čistící hlavou



Obr. 4-6 Uložení upínacího kuželu



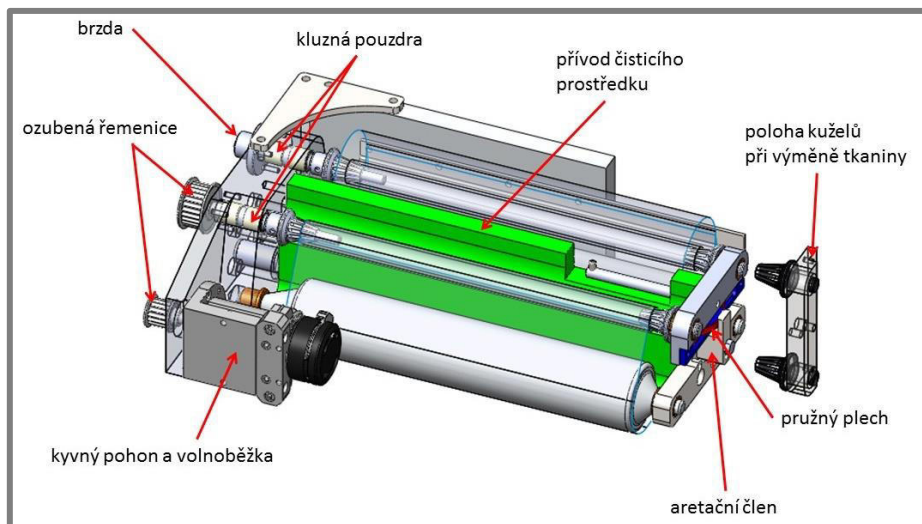
Obr. 4-7 Brzda odvíjené role

- Výhody:** Větší plocha pro přitlačování tkaniny.
 Přívod čistícího prostředku v dřívější fázi průchodu centrálního válce, což znamená lepší usušení jeho povrchu otřením suchou tkaninou.
 Snadnější výměna rolí.
- Nevýhody:** Malý brzdový moment při brždění odvíjené role.
 Větší zástavbové rozměry v porovnání s první variantou.

4.3 Třetí varianta s uložením hřídelí v kluzných pouzdrech

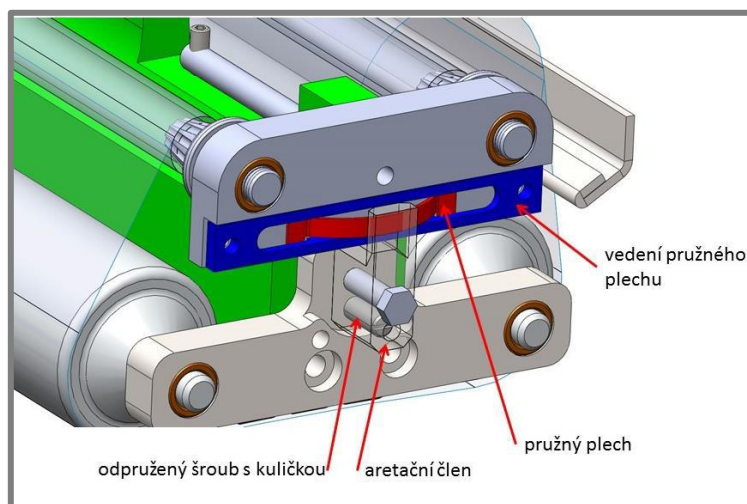
V této variantě (Obr. 4-8) je přívod čistícího prostředku a vodící válce vyřešeny stejně jako ve variantě předchozí. Uložení hřídelí, upínacích kuželů a vodících válců je realizováno pomocí kluzných ložisek. Upínání rolí tkaniny je řešeno pomocí upínacích kuželů. Na straně pohonu jsou kužely opatřeny válcovými výběžky, které zabraňují vypadnutí rolí při uvolnění a odsunutí kuželů na straně obsluhy. Na straně obsluhy jsou role upínány pomocí plechu, ve kterém jsou uloženy kužely. Na tomto plechu je namontováno vedení pružného plechu, který vyrovnává délkové odchylky dutinek a vyvozuje axiální sílu, která kužely zatlačuje do dutinek. Pro výměnu dutinek je nutné pootočit s aretačním členem a poté vysunout a pootočit celý plech i s kužely. Aretační člen je stejný jako v předchozím řešení.

4.3



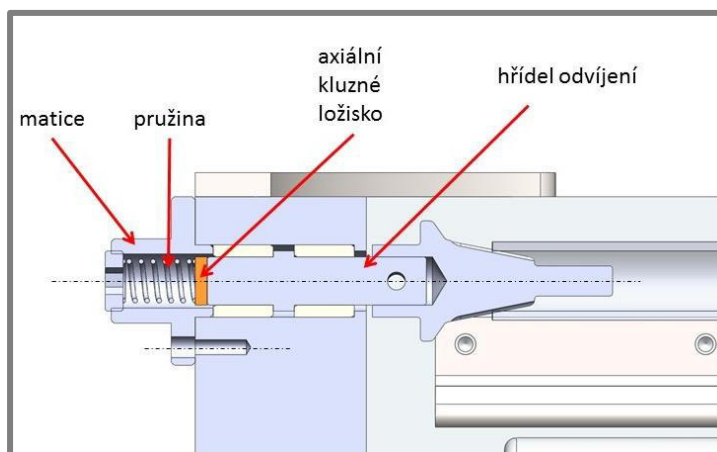
Obr. 4-8 Třetí varianta čistící hlavy

Detail uložení kuželů na straně obsluhy znázorňuje obrázek 4-9.



Obr. 4-9 Detail uložení upínacích kuželů na straně obsluhy

Brzdění odvíjené role je zde realizováno pomocí pružiny přitlačující axiální kluzné ložisko na čelo hřídele odvíjení (Obr. 4-10). Stlačení pružiny, a tím i sílu přitlačování ložiska na čelo hřídele a brzdny moment lze regulovat zašroubováním šroubu do matice.



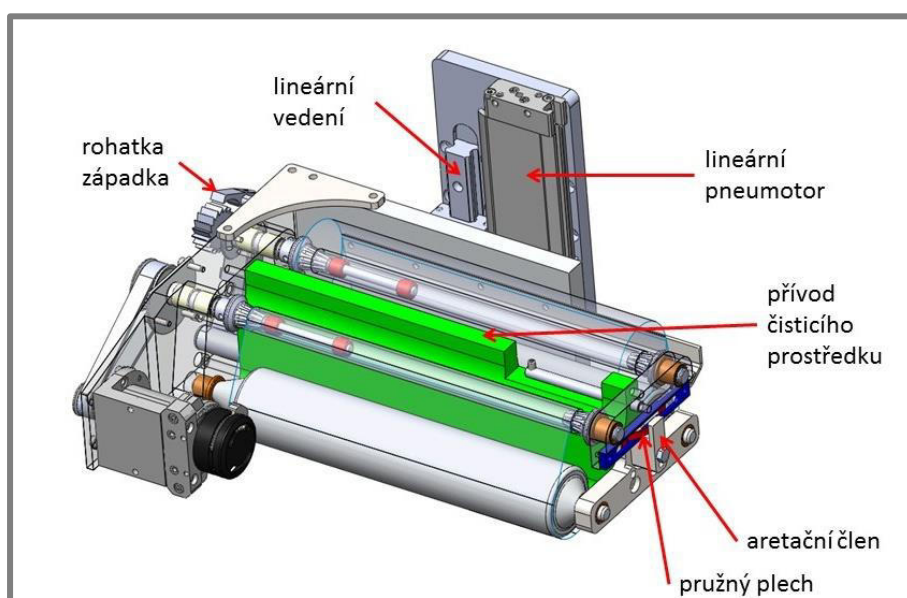
Obr. 4-10 Brzda odvíjené role

- Výhody: Snadné vyjímání rolí se tkaninou
 Jednoduché provedení brzdy
 Levnější kluzná ložiska
- Nevýhody: Plastová kluzná ložiska mohou podléhat degradaci působením čisticího prostředku.

4.4 Čtvrtá varianta s přívodem čisticího prostředku do dvou míst

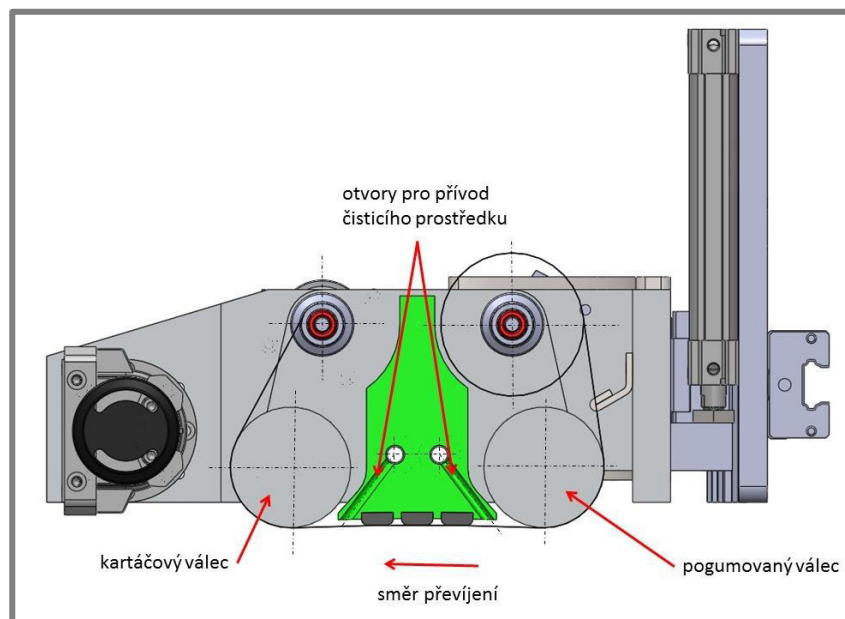
4.4

Upínání rolí a uložení hřídelí je totožné s variantou číslo tři. Varianta číslo čtyři (Obr. č. 4-11) zahrnuje přívod čisticího prostředku do dvou, po směru rotace centrálního válce, za sebou se nacházejících míst. Při prvním kontaktu čisticího prostředku s nečistotami dochází při jejich velké vrstvě k prvotnímu narušení a při přímočarém vratném pohybu čisticí hlavy také k roznesení nečistot do velmi tenké vrstvy na povrchu centrálního válce. Tato tenká vrstva je poté opět narušena čisticím prostředkem v místě druhého přívodu a setřena suchou tkaninou, nacházející se za tímto místem. Přítlak čisticí hlavy je zajištěn lineárním pneumotorem. Dráha pohybu čisticí hlavy, při přítlaku k povrchu centrálního válce, je vymezena lineárním vedením.



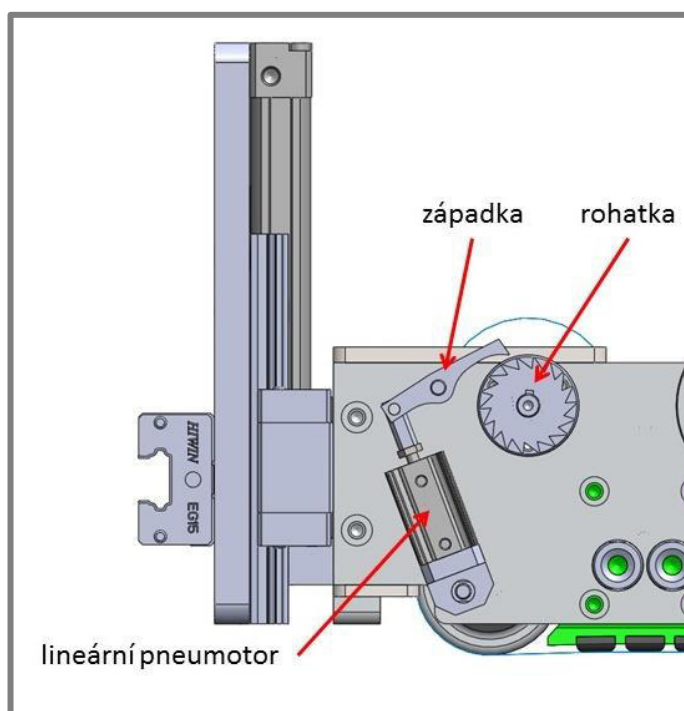
Obr. 4-11 Čtvrtá varianta čisticí hlavy

K centrálnímu válci je tkanina přitlačována plastovými lištami (Obr. 4-12).



Obr. 4-12 Řez čistící hlavou

Zamezení otáčení odvíjené role během převíjení je zajištěno pomocí mechanismu rohátky se západkou (Obr. 4-13). Západka je ovládána lineárním pneumotorem.



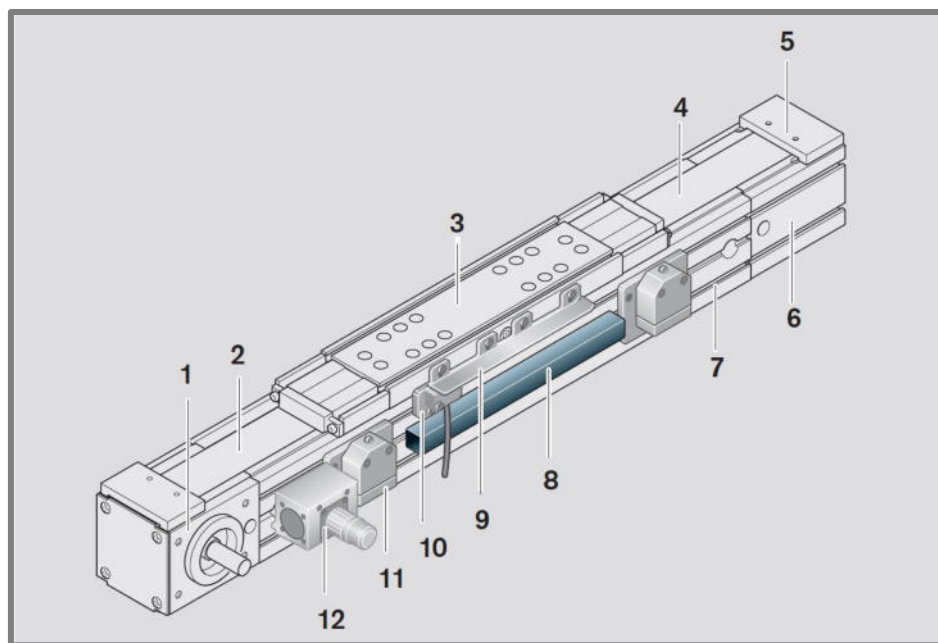
Obr. 4-13 Zajištění polohy odvíjené role

- | | |
|-----------|--|
| Výhody: | Účinnější rozpouštění nečistot na povrchu válce.
Větší tuhost ve směru pohybu čistící hlavy díky lineárnímu vedení. |
| Nevýhody: | Riziko vzniku jiskry u mechanismu rohátky se západkou. |

4.5 Lineární pohony

4.5.1 Lineární pohon se synchronním řemenem

Jednou z možností, jak vyvodit přímočarý vratný pohyb je použití lineárního pohonu se synchronním řemenem. Lineární pohon se synchronním řemenem obsahuje kromě samotného převodu také kolejnici a vozík lineárního vedení. Standardně jsou tyto pohony osazeny jedněmi saněmi, ke kterým se připojují zařízení, se kterými má být pohybováno. Saně mohou být osazeny také brzdou. Někteří výrobci nabízejí možnost osadit pohony dvěma saněmi. Tyto pohony dosahují vyšších rychlostí i zdvihů (zdvih 10 až 12 metrů, rychlost až 5 m/s) v porovnání s pohony s kuličkovým šroubem. Jedním z výrobců je např. firma Bosch Rexroth, pohon řady MKR znázorňuje obr. 4-14. Výhodou takového pohonu je tichý chod. [30]

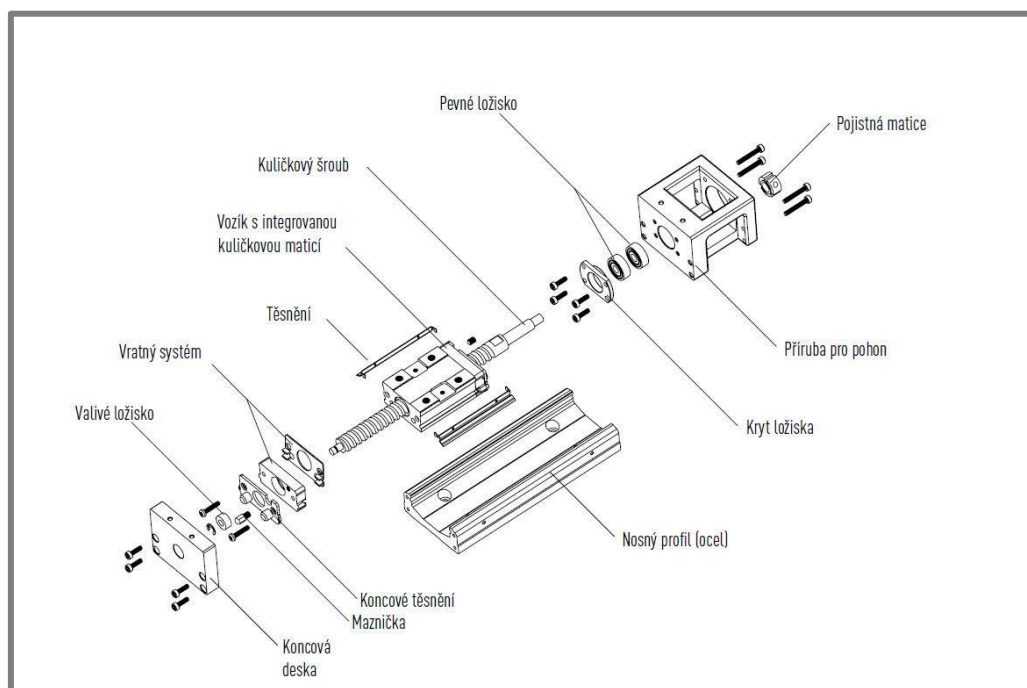


Obr. 4-14 Lineární pohon se synchronním řemenem [30]

1 – pohon, 2 – synchronní řemen, 3 – vozík, 4 – těsnicí páska, 5 – upevnění těsnicí pásky, 6 – kryt napínání řemenu, 7 – rám, 8 – vedení kabelů, 9 – spínací vačka, 10 – snímač polohy, 11 – mechanický spínač, 12 – zástrčka

4.5.2 Lineární pohon s kuličkovým šroubem

Lineární pohon s kuličkovým šroubem se vyznačuje vyšší tuhostí, oproti výše zmíněnému pohonu se synchronním řemenem. Tento pohon obsahuje kuličkový šroub s předepnutou maticí, nosný profil s opěrnými plochami, ložiska pro uložení kuličkového šroubu a přírubu pro upevnění motoru viz obr. 4-15. Lineárními pohony s kuličkovým šroubem je možno dosáhnout rychlosti až 1.5 m/s. Obecně lze u těchto pohonů dosahovat nižších rychlostí a zdvihů, než u pohonů se synchronním řemenem, z důvodu kritických otáček šroubu. S rostoucí délkou šroubu se snižují jeho kritické otáčky, kdy zde začne docházet k ohybovým vibracím (šroub dosahuje vlastní frekvence). Jedním z výrobců takového modulu je např. firma Hiwin. [31]



Obr. 4-15 Lineární pohon s kuličkovým šroubem firmy HIWIN [31]

4.6 Zhodnocení a výběr optimální varianty

S ohledem na jednoduchost výměny spotřebního materiálu a přítlak tkaniny k povrchu centrálního válce je jako výchozí varianta pro konstrukční řešení zvolena varianta číslo čtyři. Tato varianta je dále dopracována do finální podoby a vyrobena. Čisticí hlava nebude dosahovat celé šířky centrálního protitlakého válce z důvodu příliš velké spotřeby tkaniny při většinovém znečištění centrálního válce pouze na jeho okrajích a také z důvodu snadnější výměny. Toto znečištění vzniká přetečením barvy přes okraje potiskovaného materiálu a tvoří pruhy o šířce přibližně 20 mm. Čisticí prostředek bude přiváděn do tkaniny ve dvou místech jejího kontaktu s povrchem centrálního válce, pro lepší odladění jejího dávkování a rovnoměrné vstřikování čisticího prostředku do celé plochy tkaniny. Převíjení tkaniny je zajištěno pneumatickým kyvným pohonem z důvodu ochrany zařízení proti výbuchu. Brzdění odvíjené role je řešeno podle třetí varianty pro jeho jednoduchost.

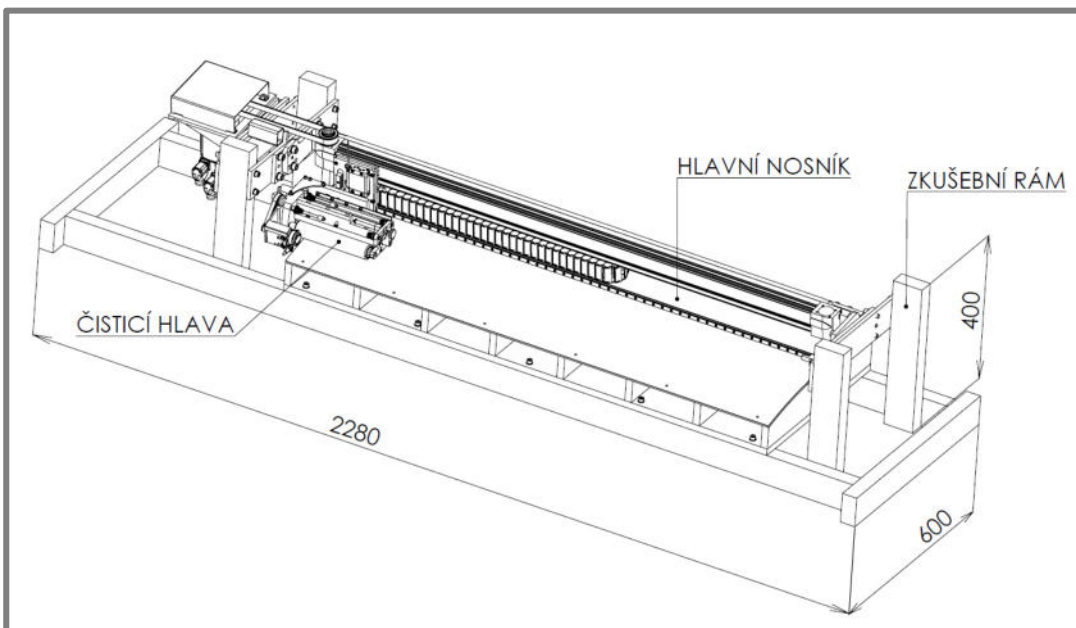
Pro vyvození přímočarého vratného pohybu čisticí hlavy během otírání povrchu centrálního válce, byl zvolen lineární pohon se synchronním řemenem. Tento typ pohonu umožňuje dosažení vyšších rychlostí pohybu, zdvihu a oproti výše zmíněnému pohonu s kuličkovým šroubem je také levnější. Nevýhodou pohonu s kuličkovým šroubem je také snížená životnost při vyvozování kmitavého pohybu a větší zástavbové rozměry.

Po dohodě se zadavatelem bude přívod čisticího prostředku vyřešen pomocí membránového pneumatického čerpadla a pneumaticky ovládaných ventilů. Tento systém je u zadavatele osvědčený a pneumatické prvky eliminují riziko výbuchu.

Z hlediska patentové ochrany zde hrozilo nebezpečí shody s patentovými nároky firmy Ellettra (viz kap. 2.6.4). Vzhledem k tomu že je zařízení zjednodušeno, jsou zde vyloučeny tři hlavní patentové nároky. Zařízení nedosahuje stejné šíře jako centrální válec. Hlavní příčník je uložen staticky. V bočnicích stroje nebudou zhotoveny otvory pro výměnu tkaniny.

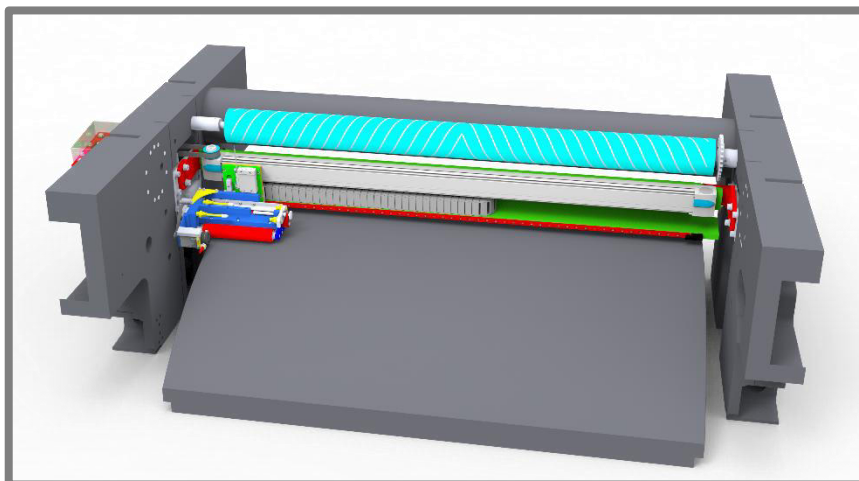
5 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

Čistící jednotka bude nabízena firmou SOMA Engineering jako volitelné vybavení stroje. Jedná se o zařízení, které se skládá ze čtyř hlavních podskupin: hlavního nosníku, čistící hlavy, jednotky čerpání čistícího prostředku a pneumatické části. Toto zařízení je určeno pro čištění ředidlových a vodou ředitelných barev. Při použití ředidlových barev vznikají hořlavé výpary, jednotka se tedy nachází ve výbušném prostředí a při konstrukci je nutné vzít tuto skutečnost do úvahy. Celé zařízení bude nejprve namontováno ve zkušebním rámu (Obr. 5-1), kde budou provedeny prvotní testy a odladění jednotky.



Obr. 5-1 Čistící jednotka

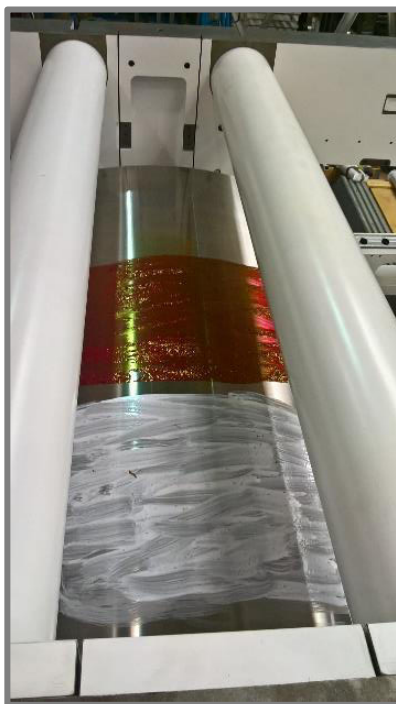
Zkušební rám je využit z důvodu velmi špatného přístupu k jednotce po namontování do stroje (obr. 5-2). Pro přehlednost je na obrázku 5-2 zobrazena pouze část bočnic a centrálního válce stroje a není zde zobrazen jeden příčník. Výkres sestavení je součástí, příloh této práce a je proveden dle zvyků zadavatele. Softwarová část a naprogramování pohybů čistící jednotky byly vypracovány oddělením konstrukce elektroniky firmy SOMA.



Obr. 5-2 Umístění čistící jednotky ve stroji

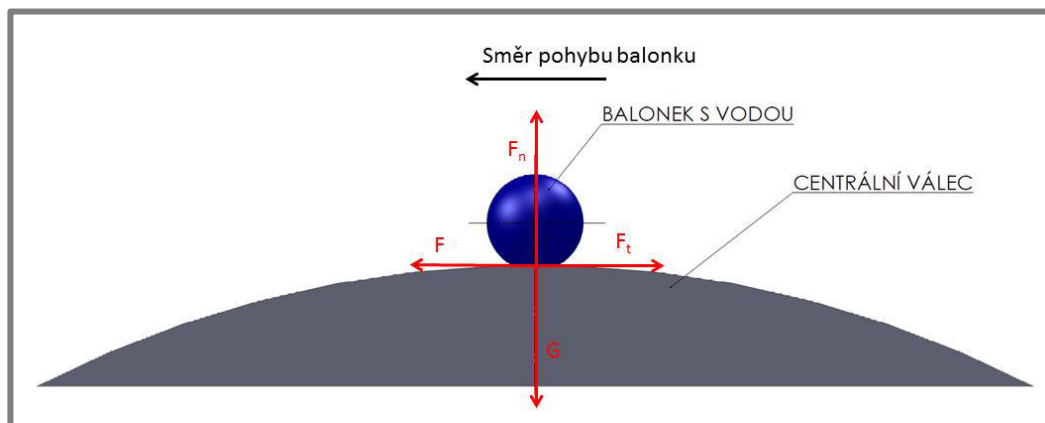
5.1 Experimentální určení statického součinitele tření

Pro další výpočty při konstrukci čisticí jednotky bylo nutné určit statický součinitel tření. Tento součinitel byl zjišťován experimentálně. Na povrch centrálního válce, namontovaného v rámu stroje (obr. 5-3), byly nanесeny dva druhy barvy, ředidlová (červená) a vodou ředitelná (bílá), poslední třetina válce zůstala v původním stavu.



Obr. 5-3 Centrální válec s nanesenými barvami

Při tomto experimentu byla měřicí aparatura tvořena balonkem naplněným vodou, tkaninou používanou pro čištění stroje a digitálním siloměrem. Na povrch centrálního válce byla položena tkanina, balonek s vodou zde tvořil zatěžující sílu. Poté byl balonek uváděn do translačního pohybu. Měřenou veličinou zde byla síla, při které se balonek začal pohybovat, tato síla odpovídá síle třecí. Z naměřených sil a známé zatěžující síly byl poté podle vztahu (1) vypočítán součinitel statického tření. Silové působení znázorňuje obrázek 5-4. Tabulka 5-1 udává hodnoty naměřených sil.



Obr. 5-4 Silové působení při určování koeficientu tření
 F_n – normálová síla, F_t – třecí síla, G – tíha balonku s vodou, F – síla uvádějící balonek do pohybu

Tab. 5-1 Síly naměřené při uvedení balonku do pohybu [N]

Vodní barva	Lihová barva	Čistý povrch válce
7,01	10,01	5,63
6,27	9,02	6,12
5,98	13,04	5,78
6,91	12,45	6,71
7,25	12,06	7,06
5,24	12,45	6,81
8,77	12,35	5,98
6,71	12,5	6,37
4,6	12,99	6,32
3,92	11,66	5,09
6,52	12,6	5,83
7,2	13,77	5,63
5,88	12,79	6,37
7,06	14,01	6,42
5,73	12,25	6,76
Průměrná síla [N]		
6,48	12,46	6,19

Výpočet koeficientu tření:

$$f_s = \frac{F_t}{F_n} = \frac{F_t}{m_b \cdot g} \quad (1)$$

Kde:

f_s	[-]	statický součinitel tření
F_t	[N]	třecí síla
F_n	[N]	normálová síla
m_b	[kg]	hmotnost balonku s vodou
g	[m/s ²]	gravitační zrychlení

$$f_s = \frac{12,46}{2,5 \cdot 9,81} = 0,508$$

Zjištěné hodnoty koeficientu tření udává tabulka 5-2.

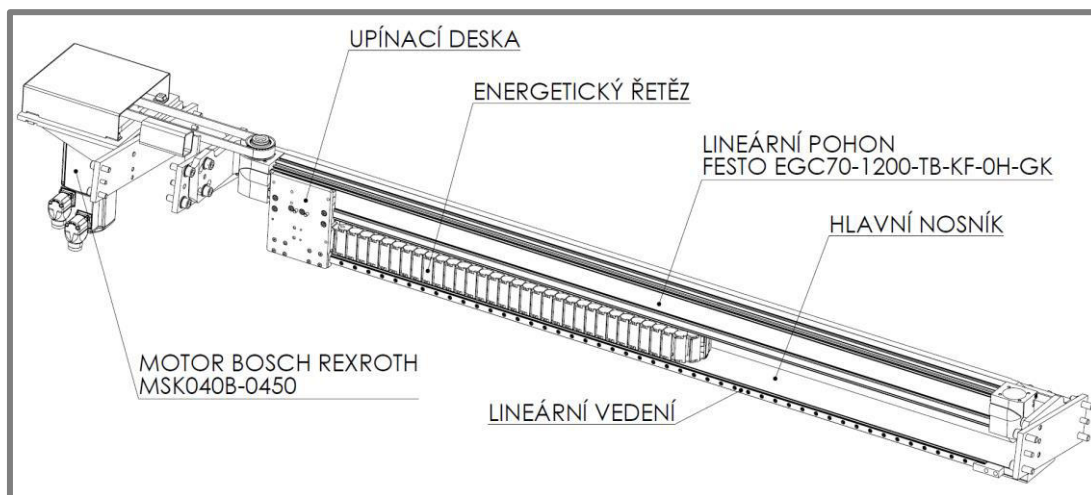
Tab. 5-2 Hodnoty koeficientu tření pro jednotlivé barvy

	Ředidlová barva	Vodní barva	Čistý povrch válce
Koeficient tření [-]	0,508	0,264	0,252

Vzhledem k velkému poloměru centrálního válce (900 mm) byl při výpočtu uvažován pouze lineární pohyb.

5.2 Hlavní nosník

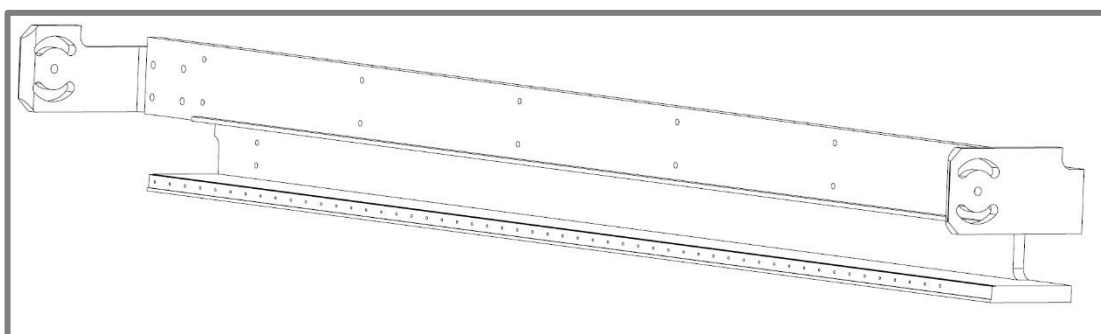
Na tomto nosníku (obr. 5-5) jsou uloženy komponenty, které zajišťují lineární pohyb čisticí hlavy po povrchu centrálního válce. Jedná se o lineární pohon, lineární vedení a vedení kabelů v energetickém řetězu. Servomotor pro pohon lineární osy je uložen na konzole z vnější strany bočnice pro lepší přístup. Na saních lineárního pohonu je připevněna upínací deska pro přišroubování čisticí hlavy.



Obr. 5-5 Hlavní nosník čisticí hlavy

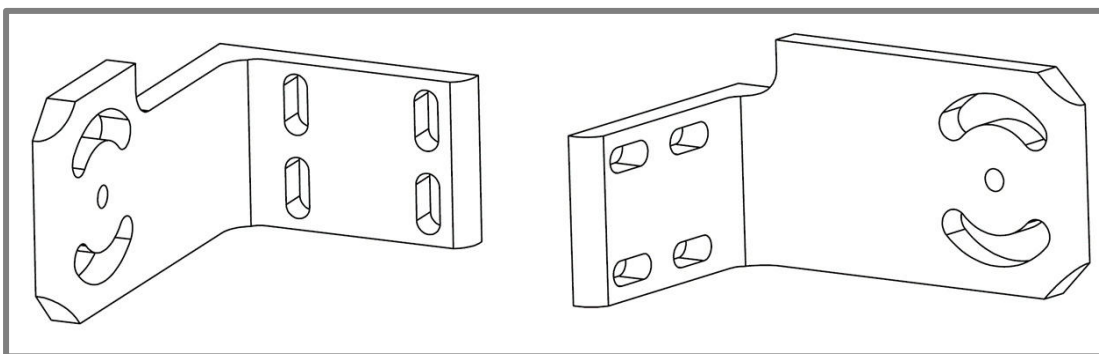
5.2.1 Konstrukce nosníku čisticí hlavy

Nosník čisticí hlavy (obr. 5-6) je jednou z hlavních součástí čisticí jednotky. Jedná se o frézovanou součást, na které jsou namontovány další prvky potřebné pro pohyb čisticí hlavy. Celkově se nosník skládá z frézovaného příčnicku, určeného pro montáž lineárního pohonu a ostatních součástí, a dvou L-profilů, ve kterých jsou vyfrézovány drážky a otvory pro uchycení do bočnic stroje. Pro příčník byl zvolen materiál AlZnMgCu0,5



Obr. 5-6 Nosník čisticí hlavy

Pro dodatečné seřízení rovnoběžnosti nosníku s osou centrálního válce jsou v ocelových L-profilech na straně obsluhy zhotoveny vodorovné drážky a na straně pohonu drážky svislé (obr. 5-7). Těleso nosníku a L-profily jsou na každé straně spojeny čtyřmi šrouby M8. Natočení nosníku pro ideální dosednutí čisticí hlavy na plochu válce je řešeno natáčením kolem kolíku a po seřízení dotažením dvěma šrouby M10 v kruhových drážkách na každé straně.



Obr. 5-7 Úchyty nosníku – vlevo strana pohonu, vpravo strana obsluhy

Pevnostní analýza

Hlavními silami, které budou nosník namáhat, bude jednak třecí síla, vznikající při smýkání tkaniny po povrchu centrálního válce, a síla, kterou lineární pneumotor na povrch válce přitlačuje čisticí hlavu. Rovnice (2) udává výpočet dodatečné síly přitlačování čisticí hlavy k povrchu válce, vyvozené lineárním pneumotorem, nutné k dosažení maximální posuvové síly pro zvolený lineární pohon (viz tab. 5-6). Pomocí MKP byla analyzována celá konstrukce nosníku pro zjištění maximálního napětí při působení těchto sil. Vzhledem ke kmitavému pohybu čisticí hlavy po povrchu centrálního válce byla provedena modální analýza k určení vlastní frekvence sestavy.

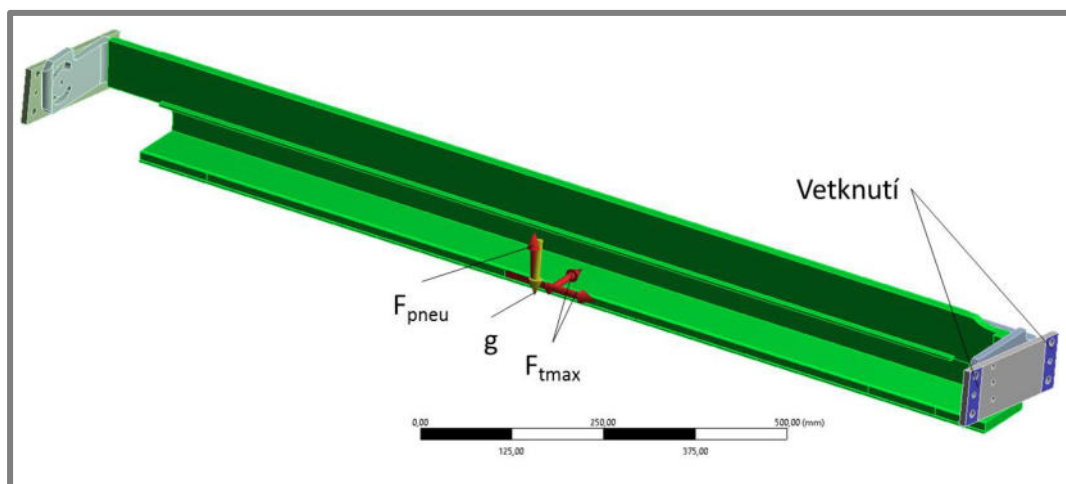
Při pevnostní analýze nosníku byl použit zjednodušený model, včetně plechů, které slouží pro upevnění do bočnic stroje. V rámci zjednodušení byly potlačeny různé otvory, detaily a spojovací materiál, které nejsou pro výpočet podstatné. Výpočet je prováděn pro stav, kdy je čisticí hlava přitlačována na povrch válce a otírá ho. Po zjednodušení modelu a jeho importu do programu Ansys Workbench byla vytvořena konečnoprvková síť pomocí kvadratického čtyřstěnu. Velikost prvku byla zvolena 5 mm. Okrajové podmínky výpočtu simulují uložení nosníku ve stroji, kde je nosník pevně přišroubován v bočnicích. Na modře označených plochách (obr. 5-8) je vetknutím zamezeno posuvům a rotacím ve všech směrech. Zatěžování nosníku bylo postupně definováno ve třech místech, na krajích a uprostřed, tyto pozice odpovídají jednotlivým polohám čisticí hlavy. Při výpočtu byla uvažována gravitace, tak aby výpočet odpovídal reálnému použití součástí. Kontakty jednotlivých těles jsou nastaveny na typ Bonded, což reprezentuje jejich pevné spojení bez možnosti vzájemných posuvů.

Výpočet přitlačné síly:

$$F_{pneu} = \frac{F_{tmax}}{f_s} - m_{hlavy} \cdot g = \frac{100}{0,508} - 12,93 \cdot 9,81 = 70 \text{ N} \quad (2)$$

Kde:

F_{tmax}	[N]	maximální třecí síla
m_{hlavy}	[kg]	hmotnost čisticí hlavy
g	[m/s ²]	gravitační zrychlení
F_{pneu}	[N]	síla od lineárního pneumotoru
f_s	[-]	statický součinitel tření

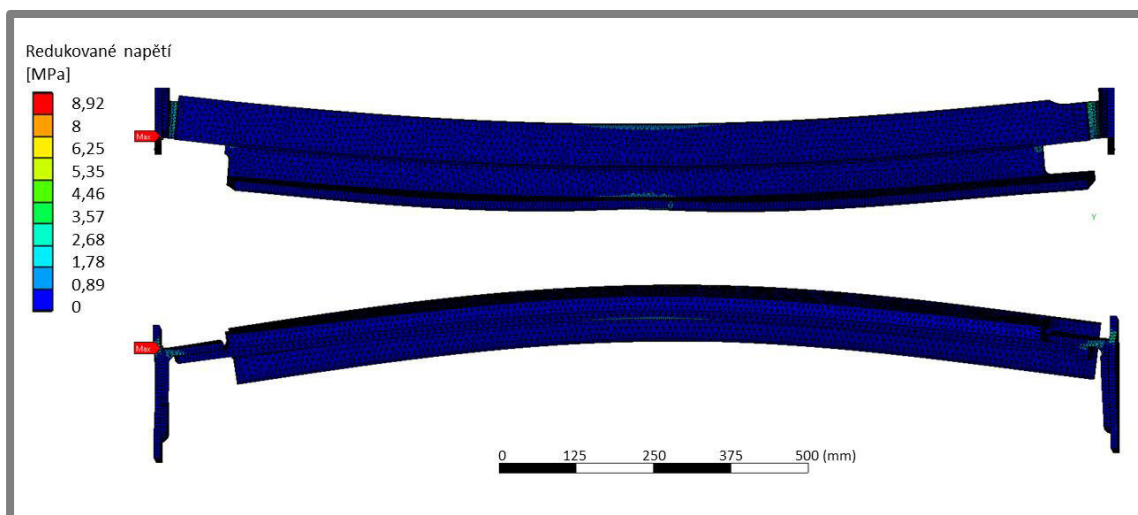


Obr. 5-8 Okrajové podmínky a zatížení pro pevnostní analýzu nosníku

Pevnostní výpočet byl proveden za předpokladu následujících zjednodušení:

- Bočnice stroje jsou považovány za absolutně tuhé. Výpočet neuvažuje jejich deformaci.
- Na nosníku nejsou uvažovány další součásti, které ovlivňují jeho tuhost, jedná se zejména o lineární pohon se synchronním řemenem, který disponuje vlastním rámem. Tento rám zvyšuje tuhost celého nosníku.

Ve skutečnosti bude výsledné namáhání nosníku menší, protože otírání centrálního válce bude prováděno za použití čistícího prostředku, který sníží součinitel tření mezi tkaninou a povrchem válce. Deformovaný tvar nosníku je znázorněn na obrázku 5-9. Maximální redukované napětí a deformaci v jednotlivých polohách udává tabulka 5-3.



Obr. 5-9 Deformovaný tvar nosníku při zatížení uprostřed

Tab. 5- 3 Redukované napětí průhyb nosníku

Poloha	Strana pohonu	Střed	Strana obsluhy
Redukované. napětí [MPa]	4,7	8,92	9,12
Maximální průhyb [mm]	0,02	0,026	0,022

Z uvedené tabulky vyplývá, že nosník je dostatečně dimenzován jak z hlediska napětí, tak z hlediska deformace. Maximální napětí vždy vzniká v ocelových L-profilech z materiálu 11 373. Tento materiál má hodnotu napětí na mezi kluzu 186 MPa a bezpečnost vůči tomuto stavu je tedy dostatečná [32].

Modální analýza

Nastavení okrajových podmínek a konečnoprvkové sítě u modální analýzy (obr. 5-10) bylo stejné, jako v předchozím případě. Modální analýza byla provedena jak v nezatíženém stavu, tak ve stavu zatíženém. Prvních šest vlastních frekvencí pro nezatížený stav je uvedeno v tabulce 5-4. V této analýze byl nosník zatěžován postupně na krajích a uprostřed, místo zatížení nehrálo ve výsledcích modální analýzy roli. Vlastní frekvence v zatíženém stavu jsou uvedeny v tabulce 5-5. V případě zatěžování nosníku vychází prvních šest vlastních frekvencí nulových. Do modelu pro výpočet byly zaneseny modely dalších součástí, které výslednou vlastní frekvenci sestavy ovlivňují nejvíce. Jedná se o lineární pohon, lineární vedení s vozíky a upínací desku. U těchto součástí byla jejich hustota upravena tak, aby hmotnost modelu odpovídala hmotnosti udávané výrobcem, u upínací desky byla hustota určena tak, aby zahrnovala i hmotnost čisticí hlavy. Ze vztahu (3) pro výpočet vlastní frekvence je patrné, že tuhost zvyšuje vlastní frekvenci [33].

$$\Omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (3)$$

Kde:

Ω_0	[Hz]	vlastní úhlová frekvence
k	[N·m ⁻¹]	tuhost soustavy
m	[kg]	hmotnost soustavy

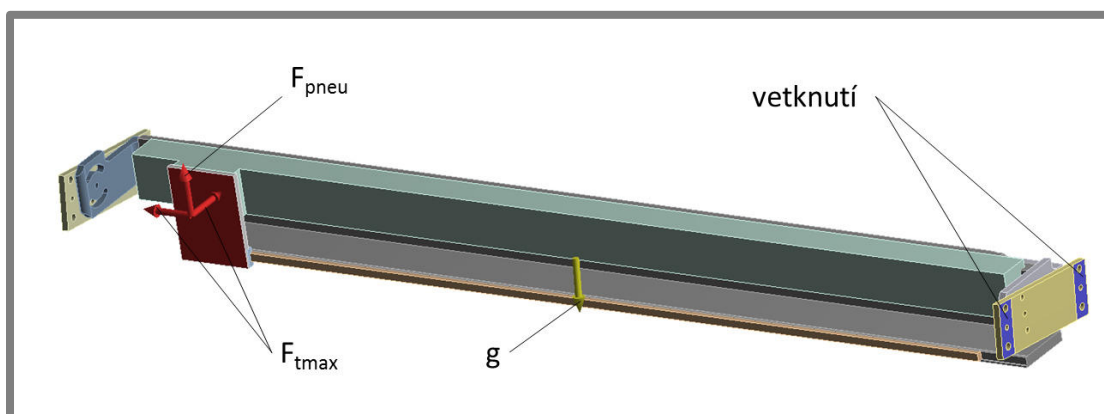
Z důvodů nedostupnosti detailních modelů výše zmíněných součástí byl k jejich modelům pro výpočet přiřazen snížený modul pružnosti o velikosti 10000 MPa. Tato velikost modulu pružnosti snižuje také vlastní frekvenci celé soustavy, což je nejméně příznivý případ a reálné vlastní frekvence soustavy nebudou nižší. Tvary sestavy při dosažení jednotlivých frekvencí v zatíženém a nezatíženém stavu jsou uvedeny v příloze 1.

Tab. 5- 4 Vlastní frekvence nezatíženého nosníku

Mód	Frekvence [Hz]
1	71,3
2	125,6
3	173,5
4	202,1
5	265,2
6	381,2

Tab. 5- 5 Vlastní frekvence zatíženého nosníku

Mód	Frekvence [Hz]
7	111,8
8	192,4
9	205,1
10	230,4
11	250,3
12	338,6

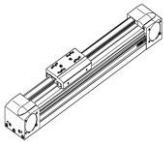
**Obr. 5- 10** Okrajové podmínky modální analýzy nosníku

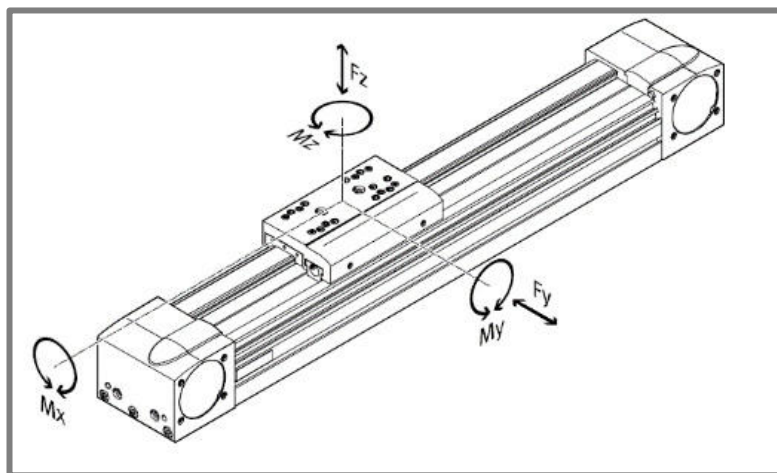
Dle uvedených výsledků modální analýzy k rezonanci nosníku nedojde při kmitání čisticí hlavy během čištění, ani v době kdy čištění probíhat nebude. V době, kdy bude čisticí jednotka odstavena (např. během tisku), může vibrace budit vlastní proces tisku, avšak při maximální frekvenci vibrací 50 Hz udávané zadavatelem, nebude docházet ke shodě vlastní frekvence nosníku a frekvence vibrací při tisku.

5.2.2 Lineární pohon

Vzhledem k zástavbovému prostoru byl zvolen lineární pohon se synchronním řemenem FESTO EGC-70-1200. Lineární pohony ostatních výrobců nevyhovovaly především svojí celkovou délkou, kdy byly při požadovaném zdvihu 1200 mm delší než vzdálenost bočnic stroje. Jedná se o lineární pohon se synchronním řemenem a vedením v oběžných kuličkových pouzdech a zdvihem 1200 mm, jehož ostatní parametry uvádí tabulka 5-5 [34].

Tab. 5-6 Parametry lineárního pohonu [34]

Provedení	Velikost	Pracovní zdvih [N]	Rychlost [m/s]	Opakovatelná přesnost [mm]	Posuvová síla [N]	Vlastnosti vedení				
						Síly a momenty				
						Fy [N]	Fz [N]	Mx [Nm]	My [Nm]	Mz [Nm]
Vedení v kuličkových oběžných pouzdech										
	50	50...1900	3	± 0,08	50	650	650	3,5	10	10
	70	50...5000	5	± 0,08	100	1850	1850	16	132	132
	80	50...8500	5	± 0,08	350	3050	3050	36	228	228
	120	50...8500	5	± 0,08	800	6890	6890	144	680	680
	185	50...8500	5	± 0,1	2500	15200	15200	529	1820	1820



Obr. 5-11 Zatížení působící na lineární pohon [34]

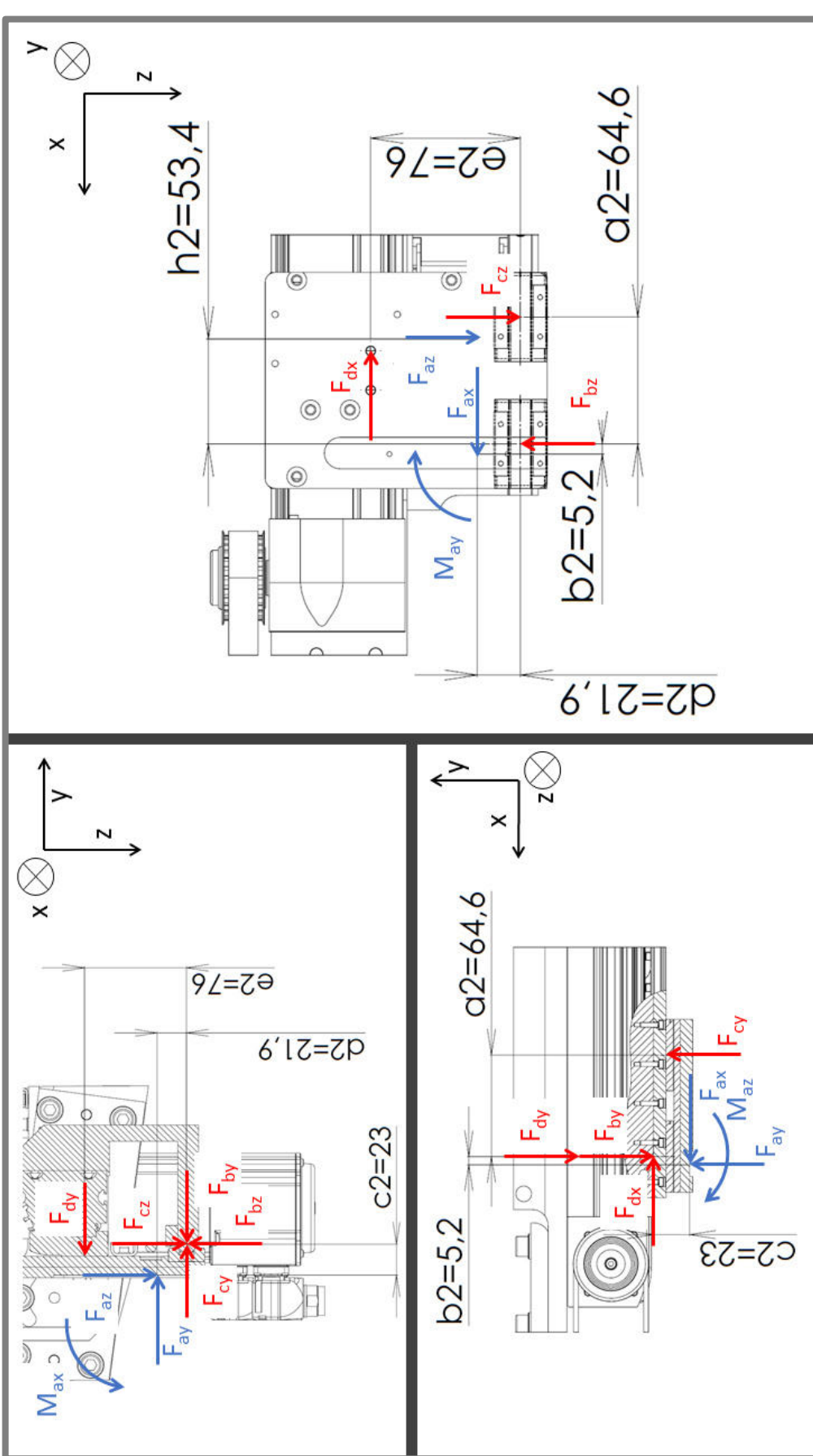
Výpočet sil působících na pohon a srovnávacího faktoru zatížení byl proveden dle metodiky výrobce [34]. Pro výrobcem garantovaný nájezd pohonu 5000 km je nutné, aby zatížení splňovalo velikost faktoru dle rovnice 4. Síly a momenty působící na nosník podle výrobce jsou uvedeny na obr. 5-11, silové působení v konstrukci čisticí jednotky je znázorněno na obrázku 5-12. Použitím přídatného lineárního vedení byly eliminovány veškeré klopné momenty působící na saně lineárního pohonu a vozíky lineárního vedení (viz obr. 5-12). Silové působení na lineárním vedení a saních lineárního pohonu, jež jsou součástí nosníku, je vyvozeno reakcemi a momenty zachycovanými lineárním vedením čisticí hlavy. Reakční síly a momenty jsou vždy vztahovány ke středům vozíků lineárních vedení a spodní ploše kolejnice.

Na obrázku 5-12 jsou vždy modře vyznačeny zatěžující síly, červeně poté reakce v lineárním vedení a saních nosníku. Vzhledem k množství zatěžujících sil při pohybu čisticí hlavy je výpočet prováděn ve třech rovinách. Obecný vztah pro výpočet srovnávacího faktoru uvádí rovnice 4.

$$f_v = \frac{F_y}{F_{y\max}} + \frac{F_z}{F_{z\max}} + \frac{M_y}{M_{y\max}} + \frac{M_z}{M_{z\max}} < 1 \quad (4)$$

Kde:

F_y	[N]	síla v ose y
F_z	[N]	síla v ose z
M_y	[Nm]	moment v ose y
M_z	[Nm]	moment v ose z
$F_{y\max}$	[N]	maximální přípustná síla v ose y
$F_{z\max}$	[N]	maximální přípustná síla v ose z
$M_{y\max}$	[Nm]	maximální přípustný moment v ose y
$M_{z\max}$	[Nm]	maximální přípustný moment v ose z
f_v	[-]	srovnávací faktor zatížení



Obr. 5- 12 Zatížení a reakční síly působící na saně lineárního pohonu a lineární vedení

Výpočet reakčních sil:

$$F_{BY} = F_{cy} + F_{AY} - F_{DY} = 169,8 + 100 - (-3,6) = 273,4 \text{ N} \quad (5)$$

$$F_{BZ} = F_{AZ} + F_{CZ} = -136,7 + 100 = 36,7 \text{ N} \quad (6)$$

$$F_{CY} = \frac{M_{AZ} + F_{AZ} \cdot c_2 + F_{AX} \cdot b_2}{a_2} = \frac{8150 + 100 \cdot 23 + 100 \cdot 5,2}{64,6} = 169,8 \text{ N} \quad (7)$$

$$F_{CZ} = \frac{F_{AX} \cdot d_2 - F_{DX} \cdot e_2 - F_{AZ} \cdot h_2 - M_{AY}}{a_2} = \frac{100 \cdot 21,9 - 100 \cdot 76 - 64,2 \cdot 53,4 - 23,2}{64,6} = -137,2 \text{ N} \quad (8)$$

$$F_{DX} = F_{AX} = 100 \text{ N} \quad (9)$$

$$F_{DY} = \frac{F_{AY} \cdot d_2 - F_{AZ} \cdot c_2 - M_{AX}}{e_2} = \frac{100 \cdot 21,9 - 64,2 \cdot 23 - 3940}{76} = -3,6 \text{ N} \quad (10)$$

Kde:	F_{AX}, F_{AY}, F_{AZ}	[N]	zatěžující síly od čisticí hlavy
	M_{AX}, M_{AY}, M_{AZ}	[Nmm]	zatěžující momenty od čisticí hlavy
	F_{BY}	[N]	horizontální síla působící na vozík lineárního vedení na straně pohonu
	F_{BZ}	[N]	vertikální síla působící na vozík lineárního vedení na straně pohonu
	F_{CY}	[N]	horizontální síla působící na vozík lineárního vedení na straně obsluhy
	F_{CZ}	[N]	vertikální síla působící na vozík lineárního vedení na straně pohonu
	F_{DY}	[N]	horizontální síla působící na saně lineárního pohonu
	F_{DX}	[N]	posuvová síla lineárního pohonu
	a_2, b_2, c_2, d_2, e_2	[mm]	rozměry vyplývající z obrázku 5-12

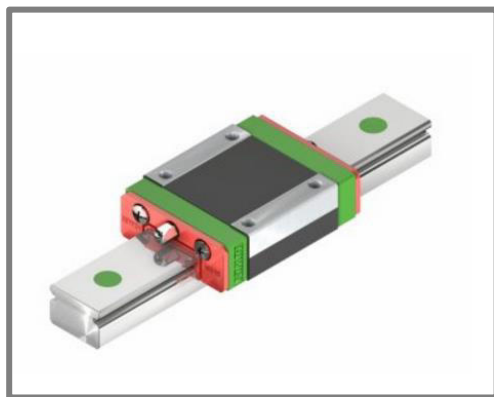
Z výše uvedených rovnic je patrné, že jediná síla, která bude vstupovat do výpočtu porovnávacího faktoru zatížení, bude síla F_{DY} , dle značení výrobce se jedná o sílu působící v ose z dle souřadného systému viz obr. 5-11. Vztah se tedy zjednoduší dle rovnice 11.

$$f_v = \frac{F_z}{F_{zmax}} = \frac{3,6}{1850} = 1,95 \cdot 10^{-3} \quad (11)$$

Z velikosti porovnávacího faktoru plyne, že tento pohon vyhovuje. Tato velikost pohonu byla zvolena z důvodu požadavku posuvové síly o velikosti 100 N.

5.2.3 Lineární vedení

Vzhledem k rozměrům nosníku a čistící hlavy bylo zvoleno lineární vedení s vozíky MGN 12H a kolejnice MGN R12 R100 P M od firmy HIWIN. Jedná se o miniaturní kuličkové vedení se dvěma oběžnými drahami (obr. 5-13). Tento typ vedení je vyráběn z korozi-vzdorné oceli. Z výsledků rovnic 5 až 8 je patrné, že větší zatížení přenáší vozík na straně pohonu, výpočet životnosti bude tedy prováděn pro tento vozík [36].



Obr. 5-13 Lineární vedení HIWIN MGN12 [35]

Výpočet ekvivalentního zatížení:

$$P_E = |P_R| + |P_T| = |273,4| + |36,7| = 310,1 \text{ N} \quad (12)$$

Kde:	P_E	[N]	ekvivalentní zátěž
	P_R	[N]	radiální nebo radiálně reverzní zátěž
	P_T	[N]	boční zátěž

Výpočet doby životnosti:

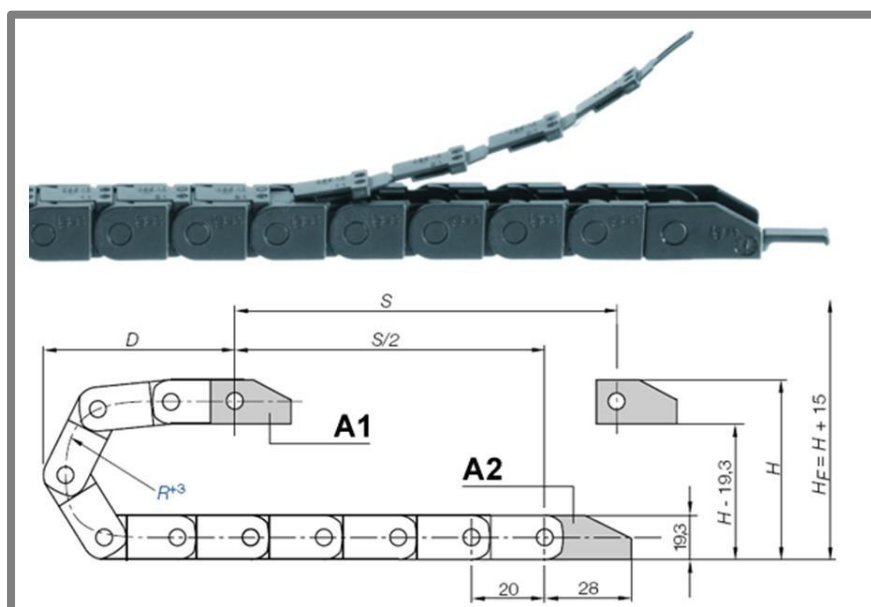
$$L_h = \left(\frac{C_{dyn}}{P_E} \right)^3 \cdot \frac{50000}{v \cdot 60} = \left(\frac{3800}{310,1} \right)^3 \cdot \frac{50000}{240 \cdot 60} = 6389,3 \text{ hod} \quad (13)$$

Kde:	L_h	[hod]	nominální životnost
	C_{dyn}	[N]	dynamická únosnost
	v	[m/min]	rychlost vozíku lin. vedení

Zvolené lineární vedení vyhovuje, rychlost uvažovaná při výpočtu je maximální možná. Tuto rychlost však nemusí hlava v případě krátkého úseku čištění dosáhnout. Doba životnosti je dostatečná vzhledem k určení jednotky.

5.2.4 Energetický řetěz

Vzhledem k nutnosti vést k čisticí hlavě tělesem nosníku kabely k senzorům, hadice s čisticím prostředkem a hadice se stlačeným vzduchem, budou tyto uloženy v energetickém řetězu. Energetický řetěz chrání hadice a kabely před poškozením při pohybu čisticí hlavy. Na základě průřezu všech hadic a kabelů, který činí 416 mm², byl vybrán řetěz Zipper 09.40.028.0. (obr. 5-14) od firmy HENNLICH s průřezem 600 mm² [37]. Jedná se o plastový řetěz, který je z důvodu požadavku na certifikát ATEX vyráběn z elektricky vodivého materiálu ESD. Tento řetěz má certifikát Ex II 2 GD. Vzhledem k většímu průřezu řetězu, než je průřez hadic a kabelů, je zajištěna jednoduchá montáž a je zamezeno nadměrnému namáhání hadic a kabelů, zejména u kabelů k čidlům je nutné ponechat více okolního prostoru, jinak hrozí jejich porušení. Pro oddělení hadic a kabelů k senzorům budou použity dělicí příčky. Dodatečný prostor v řetězu umožňuje v případě potřeby doplnit chybějící kabely nebo hadice.



Obr. 5-14 Energetický řetěz HENNLICH Zipper [37]

Pro výpočet délky byl použit vztah udávaný výrobcem, pro zamezení vzniku statického náboje budou kabely vedeny v řetězu v celé délce nosníku.

$$L_{\text{řet}} = S + K = 1240 + 130 = 1370 \text{ mm} \quad (14)$$

Kde:	$L_{\text{řet}}$	[mm]	celková délka řetězu
	S	[mm]	délka pojezdu
	K	[mm]	délka poloměru ohybu řetězu

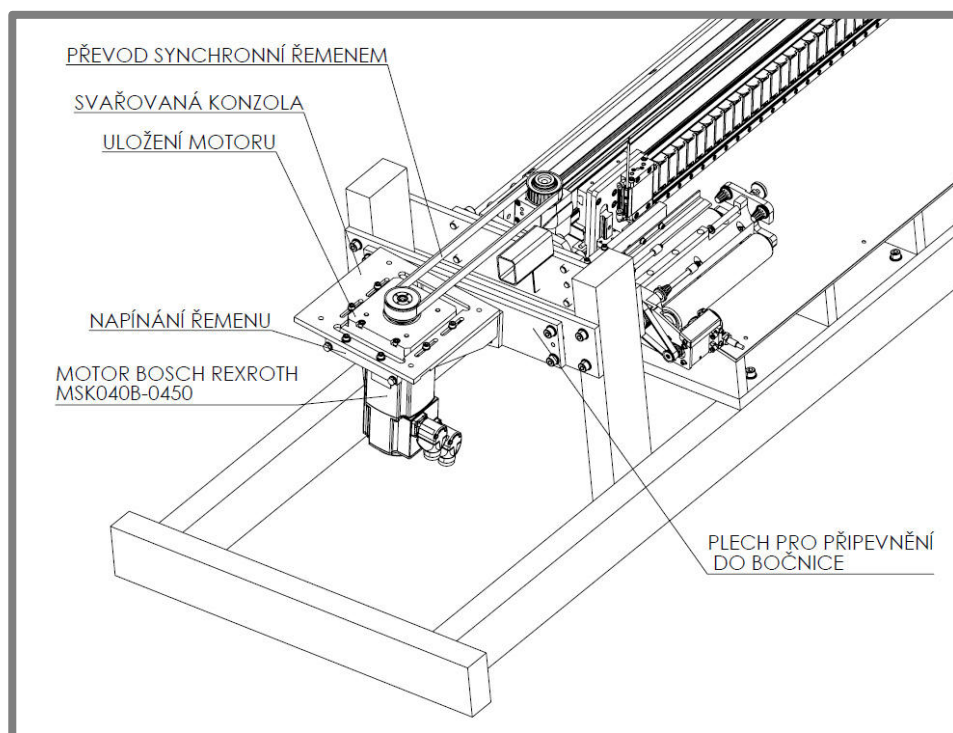
5.2.5 Motor a jeho uložení

Vzhledem k zástavbovému prostoru (viz Obr 4-1 a Obr 5-1) nemůže být umístěn servomotor pro pohon lineární osy přímo u ní, ale je umístěn z vnější strany bočnice na pohonové straně. Při tomto provedení je motor umístěn v zóně 2 dle směrnice ATEX. Uložení motoru ve zkušebním rámu je znázorněno na obrázku 5-15. Krouticí moment motoru je na lineární pohon přenášen pomocí převodu se synchronním řemenem. Hlavním kritériem pro výběr motoru byl krouticí moment potřebný na vstupu lineárního pohonu, kdy pro maximální posuvovou sílu je nutné přivést na pohon krouticí moment o velikosti 1,24 Nm. Vzhledem k požadovanému momentu, je použit motor MSK040B-0450 ve spojení s frekvenčním měničem od firmy Bosch Rexroth, parametry motoru jsou uvedeny v tabulce 5-7 [38]. Motor má certifikát dle směrnice ATEX do zóny 2.

Tab. 5-7 Parametry motoru [38]

Typ	Maximální otáčky [1/min]	Nominální moment [Nm]		Maximální moment [Nm]	Stálý proud [A]		Maximální proud [A]	Moment setrvačnosti [kgm ²]
		60 K	100 K		60 K	100 K		
MSK040B-0450	6000	1.7	1.9	5.1	1.5	1.7	8	0.0001

Vyšší moment motoru (viz tab. 5-7) bude omezen velikostí vstupního proudu tak, aby odpovídal požadovanému momentu. Tento typ motoru byl zvolen, protože je již v současnosti používán na jiných aplikacích ve flexotiskových strojích zadavatele.



Obr. 5-15 Uložení motoru

Motor je přišroubován do tělesa uložení, které je poté posuvně uloženo ve svařované konzole. Posuvné uložení motoru je nutné z důvodu optimálního napnutí řemenu, kterého je docíleno postupným dotahováním šroubů (viz obr. 5-15). Vzhledem ke kmitavému charakteru zatížení konzoly byla provedena modální analýza.

Převod synchronním řemenem

Pro přenos krouticího momentu z hřídele motoru, na lineární pohon, byl zvolen převod synchronním řemenem. Pro výpočet je použita hodnota nominálního momentu motoru pro oteplení 60 K. Rychlost byla empiricky určena tak, aby při akceleraci a brzdění motor nepřesáhl nejvyšší moment přípustný pro lineární pohon, tato rychlost dosahuje maximální hodnoty 240 m/min.

Výkon motoru:

$$P_{mot} = 2 \cdot \pi \cdot \frac{n_{min}}{60} \cdot Mk = 2 \cdot \pi \cdot \frac{6000}{60} \cdot 1,7 = 1068 \text{ W} \quad (15)$$

Provozní součinitel:

$$k_p = 1,6$$

Výpočtový výkon motoru

$$P_v = P_{mot} \cdot k_p = 1068 \cdot 1,6 = 1709 \text{ W} \quad (16)$$

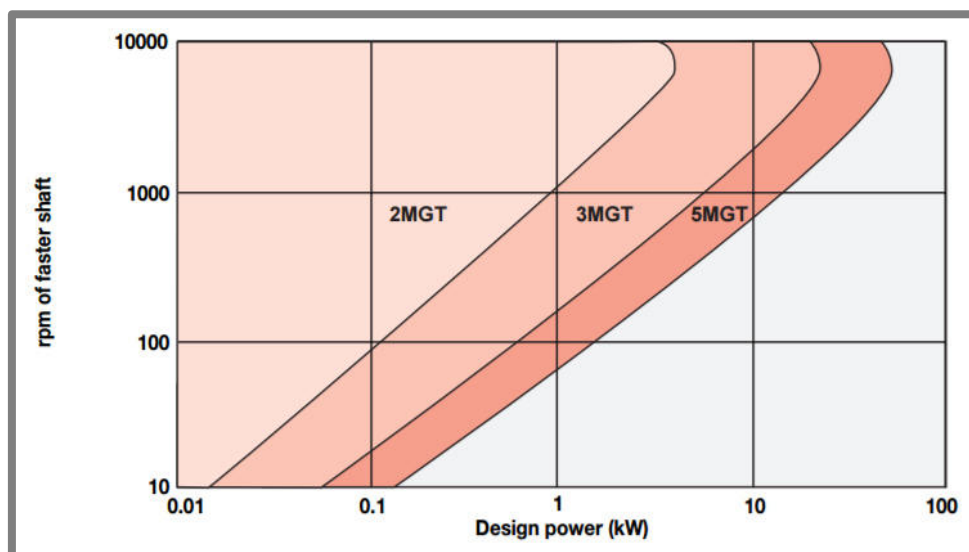
Kde:	M_k	[Nm]	krouticí moment elektromotoru
	P_{mot}	[W]	výkon motoru
	n_{min}	$[\text{min}^{-1}]$	nominální otáčky motoru
	P_v	[W]	výpočtový výkon motoru
	k_p	[-]	provozní součinitel

Výpočet otáček hnací řemenice při dané rychlosti pohybu čistící hlavy:

$$n_{mot} = \frac{1000 \cdot v}{k_{posuv}} = \frac{1000 \cdot 240}{78} = 3077 \text{ min}^{-1} \quad (17)$$

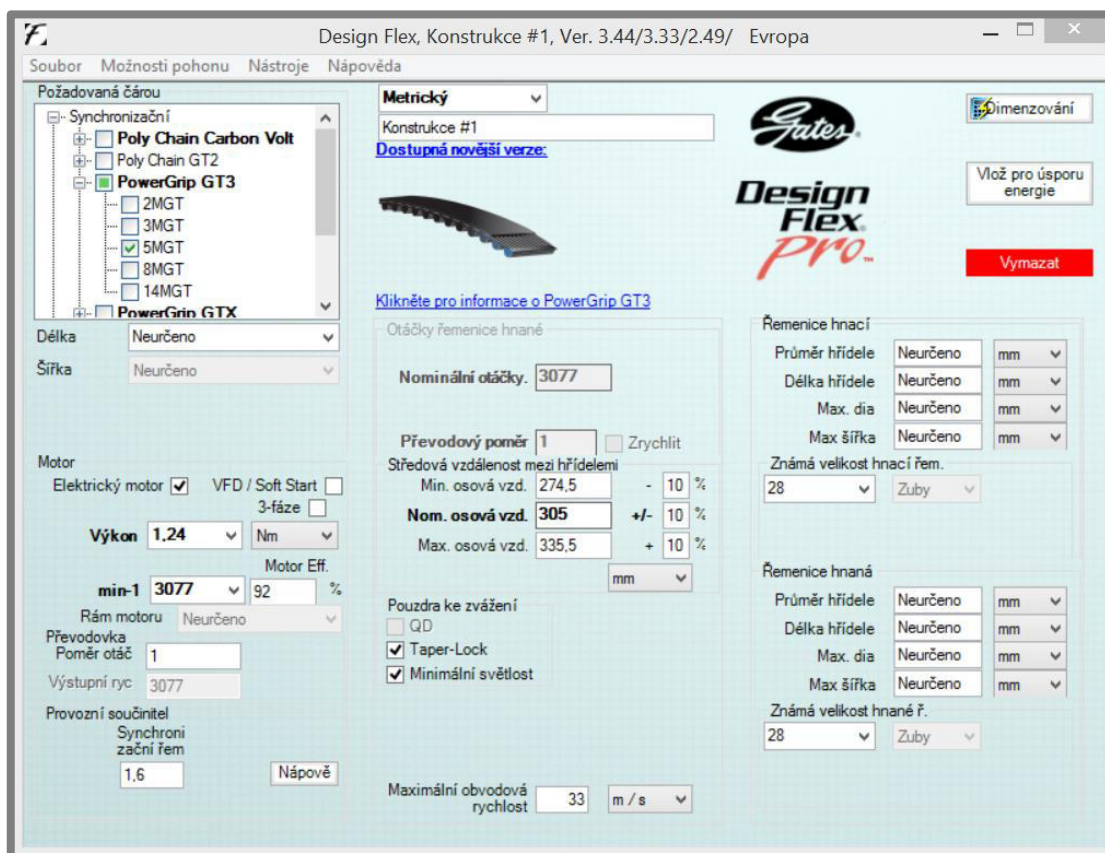
Kde:	v	[m/min]	rychlost vozíku lin. vedení
	n_{mot}	$[\text{min}^{-1}]$	otáčky motoru
	k_{posuv}	[mm/ot]	posuvová konstanta lineárního pohonu

Na základě otáček motoru při čištění a jeho výpočtového výkonu byl zvolen z diagramu (obr. 5-16) řemen typu 5MGT [39].



Obr. 5-16 Diagram pro určení typu řemenu [39]

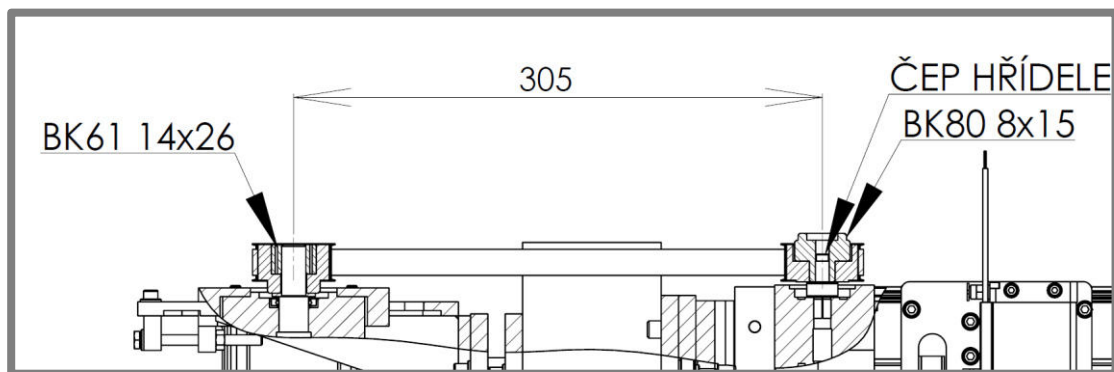
Šířka řemenu je určena pomocí programu Design Flex (obr. 5-17). Do tohoto programu je zadán typ řemenu, přenášený výkon nebo krouticí moment, otáčky hnací řemenice, počty zubů řemenice, mezosová vzdálenost a provozní součinitel. Protokol o návrhu řemenového převodu je součástí přílohy 2.



Obr. 5-17 Prostředí programu Design Flex od firmy Gates

Na základě protokolu o návrhu byl vybrán řemen 750-5MGT3-15 od firmy Gates. Pohon je předimenzován z důvodu střídavého zatížení při vyvozování kmitavého pohybu čisticí hlavy.

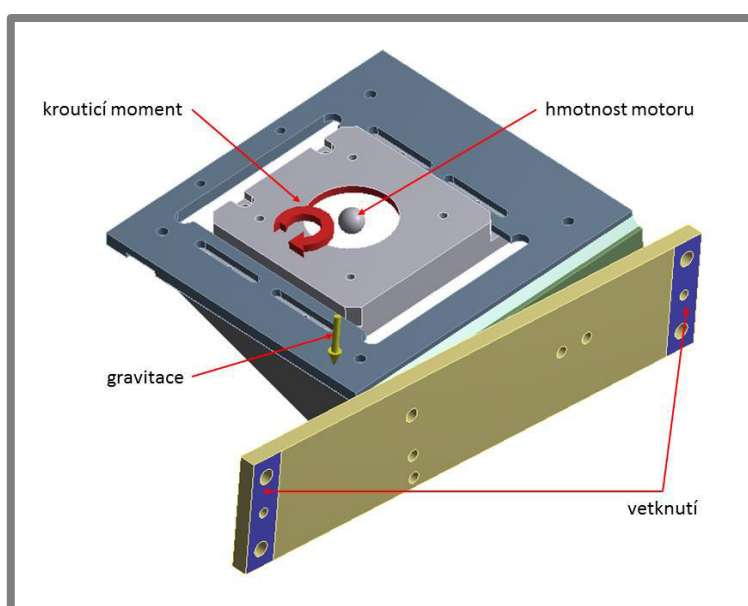
Řemenice typu 28-5MR-15 byly dodány firmou Haberkorn Ulmer ve formě polotovarů se zuby pro řemen, jejichž náboje byly dále obráběny. Ke spojení hřídelí a řemenic slouží upínací pouzdra ze sortimentu firmy Haberkorn Ulmer. K lineárnímu pohonu je připojen čep hřídele, který nabízí firma FESTO jako alternativní rozhraní k danému lin. pohonu (Obr. 5-18).



Obr. 5- 18 Převod synchronním řemenem

Konzola pro uložení motoru

Tato konzola (viz Obr. 5-15) je konstruována jako obráběný svařovaný díl. Tato koncepce se vyznačuje několika výhodami, například vyšší tuhostí a nižší hmotností, hlavní výhodou jsou ale výrobní náklady, kdy odpadá obrábění celého dílu. Obrobeny jsou pouze dosedací plochy pro posuvné uložení motoru, kdy celkový otvor v plechu je již před svářením zhotoven laserem. Konzola byla jako celek i s posuvným uložením motoru a upínacím plechem podrobena modální analýze. Zatížení zde tvoří krouticí moment motoru a jeho hmotnost. Okrajové podmínky výpočtu jsou uvedeny na obrázku 5-19.



Obr. 5- 19 Modální analýza konzoly

V tabulce 5-8 jsou uvedeny vlastní frekvence.

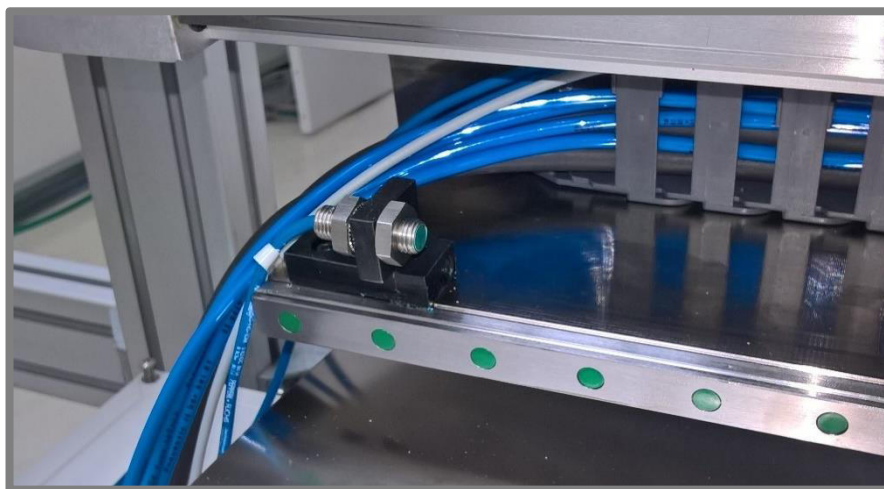
Tab. 5- 8 Vlastní frekvence konzoly

Mód	Frekvence [Hz]
7	591
8	843,8
9	902,1
10	1025,2
11	1723
12	1854,1

Z výsledků vyplývá že nehrozí shoda vlastní frekvence konzoly a budící frekvence stroje.

Detekce klidové polohy čisticí hlavy

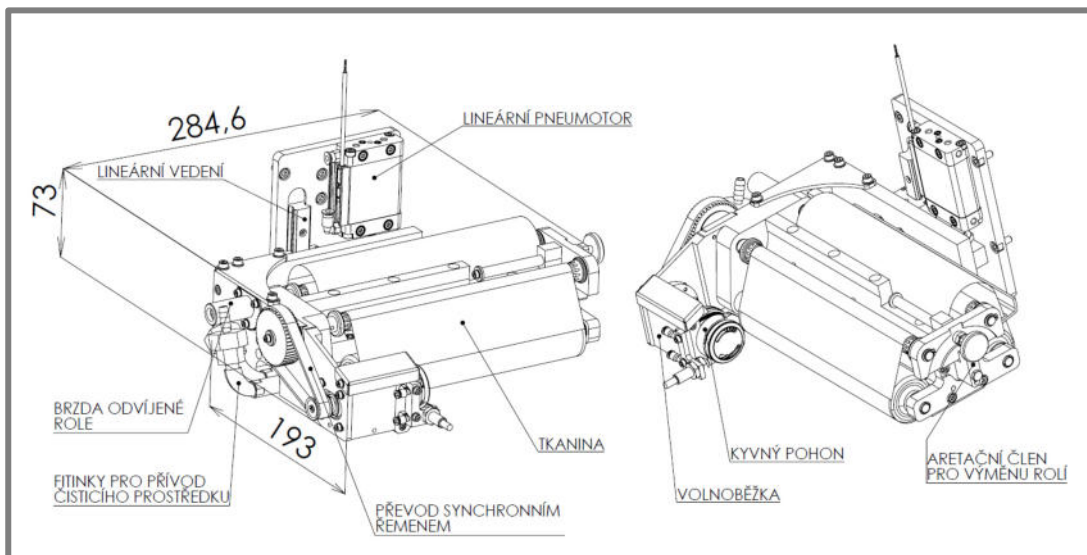
Detekce klidové polohy čisticí hlavy je zajištěna indukčním snímačem od firmy Pepperl+Fuchs NCB1,5-8GM25-N0-10M (obr. 5-20). Klidová poloha je určena na straně pohonu stroje. Pokud snímač vyšle signál, že čisticí hlava se nenachází v klidové poloze, když je čisticí jednotka neaktivní (např. při tisku) na hlavním displeji stroje se objeví chyba.



Obr. 5- 20 Indukční snímač pro detekci klidové polohy

5.3 Čisticí hlava

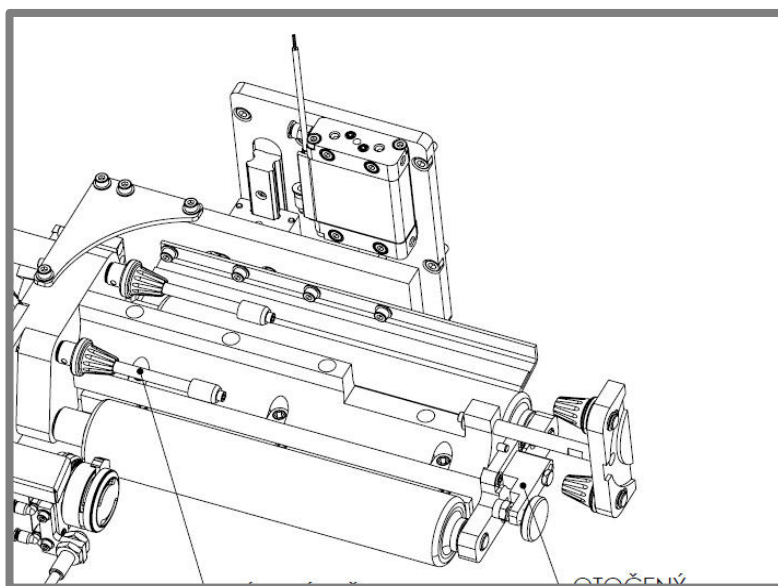
Čisticí hlava (Obr. 5-21) zajišťuje otírání válce pomocí tkaniny, navinuté ve dvou rolích. Hlavními částmi čisticí jednotky je tedy uložení rolí s tkaninou, pohon převíjení tkaniny, systém brždění odvíjené role, vedení pro přítlak hlavy k povrchu centrálního válce, lineární pneumotor pro přítlak hlavy k povrchu centrálního válce a systém rozvodu čisticího prostředku.



Obr. 5-21 Čisticí hlava

5.3.1 Uložení a převíjení tkaniny

Výměna tkaniny bude prováděna ručně, proto je požadována jednoduchost systému uložení rolí. Role s tkaninou budou uloženy na upínacích kuželech z korozi-vzdorné oceli (Obr. 5-22). Na straně pohonu jsou kužely opatřeny válcovými výběžky pro stabilizaci dutinek při odsunutí protilehlých kuželů. Pro odsunutí kuželů je nutné nejdříve povolit rýhovaný šroub, poté pootočit aretační člen a následně vysunout plech s kužely, poté je možné role vyjmout a založit nové. Největší možný průměr role má hodnotu 45 mm, šířka role je 200 mm



Obr. 5-22 Upínací kužely pro uložení tkaniny v odsunuté poloze

Vždy, po určitém čase, je nutné znečištěnou tkaninu převinout, aby nová tkanina mohla dále absorbovat nečistoty, které ulpívají na povrchu válce. Toto převíjení je řešeno pomocí kyvného pohonu FESTO DSR-10-180-P. Kyvný pohon umožňuje pohyb v rozsahu 0–181° a dodává krouticí moment 0.5 Nm, při vstupním tlaku vzduchu 6 bar. Jedná se o pohon s kyvným křídlem, kdy je vzduch střídavě přiváděn na jednu a na druhou stranu tohoto křídla. Úhel kyvu je možné nastavit pomocí dorazů. Pro převedení kyvného pohybu na přerušovaný rotační je před tento pohon ještě zařazena volnoběžka FESTO FLSR-10-L. Hřídel pro navíjení tkaniny je dále poháněna přes převod se synchronním řemenem pro zvýšení krouticího momentu. Pro výpočet potřebného momentu pro převíjení byly převzaty hodnoty maximální tahové síly pro použitou tkaninu Press Clean Blue IQ od firmy Atécé. [40].

Potřebný krouticí moment pro převíjení je určen ze vztahu (18).

$$M_{kprevin} = F_{tah} \cdot \left(\frac{D}{2}\right) = 46 \cdot \frac{0,045}{2} = 1,04 \text{ Nm} \quad (18)$$

Kde:

$M_{kprevin}$	[Nm]	krouticí moment potřebný pro převíjení tkaniny
F_{tah}	[N]	tahová síla přenášená tkaninou
D	[m]	průměr role s tkaninou

Potřebný krouticí moment dle rovnice 18 je uvažován při zvednuté čisticí hlavě. Vzhledem k možné potřebě převíjet tkaninu s čisticí hlavou přitlačovanou na povrch centrálního válce, byl výsledný potřebný moment zvýšen na 1.5 Nm.

Převodový poměr vychází z poměru potřebných krouticích momentů (19).

$$i_{Mk} = \frac{M_{kprevin}}{M_{k1}} = \frac{1,5}{0,5} = 3 \quad (19)$$

Kde:

i_{Mk}	[-]	převodový poměr
$M_{kprevin}$	[Nm]	krouticí moment potřebný pro převíjení tkaniny
M_{k1}	[Nm]	krouticí moment kyvného pohonu

Ze získaného převodového poměru byly dle vzorce (20) vypočteny počty zubů řemenic.

$$z_2 = i_{Mk} \cdot z_1 = 3 \cdot 16 = 48 \quad (20)$$

Kde:

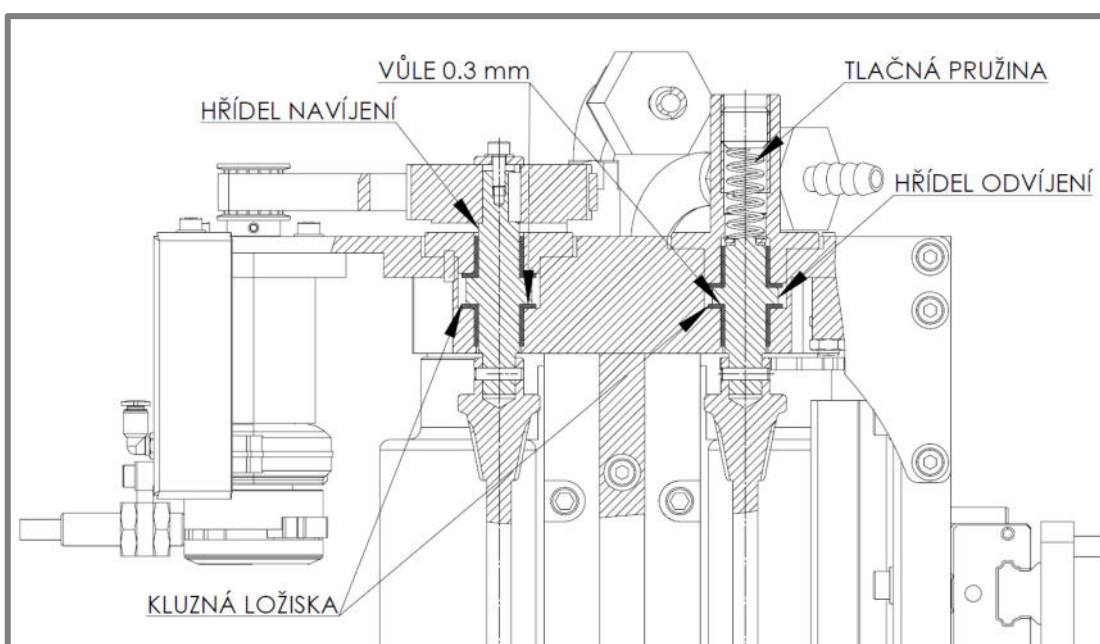
z_2	[-]	počet zubů hnané řemenice
i_{Mk}	[-]	převodový poměr
z_1	[-]	počet zubů hnací řemenice

Podle výpočtů byly zvoleny počty zubů hnací a hnané řemenice, kdy hnaná řemenice má 48 zubů a hnací 16 zubů, tyto řemenice byly zakoupeny u firmy Haberkorn Ulmer.

Výpočet řemenu byl proveden v programu Design Flex a protokol o návrhu je součástí přílohy 3. Pro použití byl zvolen řemen 240-3MGT3-9, z protokolu je také určena napínací frekvence řemenu.

5.3.2 Uložení hřídelí

Hřídele navíjení a odvíjení jsou uloženy v kluzných ložiskách iglidur C500FM (Obr. 5-23), tato ložiska se vyznačují vysokou chemickou odolností a bezúdržbovým chodem. Kluzná pouzdra jsou nalisována v bočnici na jedné straně a v příšroubované přírubě na straně druhé, vzdálenost čel těchto pouzder je o 0,3 mm větší, než je délka osazení hřídele, což zajišťuje axiální vůli nutnou k otáčení hřídelí. Pro vyvození tahu ve tkanině je nutné odvíjenou hřídel brzdit. Brzdný moment je vyvozován přitlačováním kluzné podložky na čelo hřídele odvíjení prostřednictvím pružiny. Pružina je zde stlačována stavěcím šroubem. Přenos krouticího momentu z řemenice na hřídel je vyřešen prostřednictvím pera, axiálně je řemenice zajištěna šroubem a podložkou. Upínací kužely jsou na obou hřídelích připevněny nalisovanými kolíky (viz obr. 5-23)



Obr. 5-23 Uložení hřídelí navíjení a odvíjení tkaniny

5.3.3 Přítlak čisticí hlavy k centrálnímu válci

Nosné části čisticí hlavy jsou z důvodu úspory hmotnosti vyrobeny z materiálu AlZnMgCu0,5. Pro zvýšení chemické odolnosti je na součástech z tohoto materiálu nanesen niklový povlak. Celková hmotnost čisticí hlavy činí 12,93 kg. Pro přítlak čisticí hlavy a její zvedání (v radiálním směru centrálního válce) je použit lineární pneumotor od firmy FESTO.

Gravitační síla čisticí hlavy:

$$F_g = m_{hlavy} \cdot g = 12,93 \cdot 9,81 = 127 \text{ N} \quad (21)$$

Kde:

F_g	[N]	gravitační síla čisticí hlavy
m_{hlavy}	[kg]	hmotnost čisticí hlavy
g	[m/s ²]	gravitační zrychlení

Dle gravitační síly a zástavbových rozměrů byl zvolen lineární pneumotor FESTO DZF-25-10-A-P-A, jehož zdvih činí 10 mm a teoretická hodnota síly při pohybu vzad

dosahuje hodnoty 247 N při tlaku vzduchu 6 bar. Tato síla je dostatečná, aby udržela čisticí hlavu zvednutou, pokud jednotka nebude v provozu. Zvednutý stav hlavy je indikován pomocí snímače SMT-8M-A určeného pro upnutí do drážky lineárního pneumotoru. Výsledný zdvih hlavy je zvolen 7 mm, 3 mm jsou ponechány pro jednodušší seřízení sklonu nosníku.

Pro dosažení třecí síly o velikosti 100 N je nutné čisticí hlavu ještě k povrchu válce přitlačovat silou 70 N (viz rovnice 2), což po přepočtu na tlak v daném pneumotoru odpovídá hodnotě 1,4 bar.

5.3.4 Lineární vedení čisticí hlavy

Lineární vedení zajišťuje přesnou dráhu čisticí hlavy v radiálním směru a slouží zde také k zachycení veškerých silových účinků při pohybu čisticí hlavy. V konstrukci je využito pouze jedno vedení, což znamená, že na něj budou působit klopné momenty ve všech osách. Silové působení je popsáno na obrázku 5-24. Při výpočtu sil působících na vedení, byl uvažován nejméně příznivý případ, kdy vlivem špatného seřízení sklonu nosníku může dojít pouze k dotyku předního vodícího válce a povrchu centrálního válce. Zatěžující silou je zde třecí síla, působící v tečném směru centrálního válce (vliv rotace válce) a ve směru axiálním (pohyb čisticí hlavy v tomto směru). Dále zde působí síla, kterou je hlava přitlačována lineárním pneumotorem. Zatěžující síly jsou označeny modře, reakční síly a momenty jsou značeny červeně. Reakce jsou vztahovány ke středu vozíku lineárního vedení a spodní ploše kolejnice. Výpočet reakčních sil a momentů:

$$F_{AX} = F_{tmax} = 100 \text{ N} \quad (22)$$

$$F_{AY} = F_{tmax} = 100 \text{ N} \quad (23)$$

$$F_R = F_{pneu} \cdot \frac{c_1}{a_1} = 70 \cdot \frac{11,9}{144} = 5,8 \text{ N} \quad (24)$$

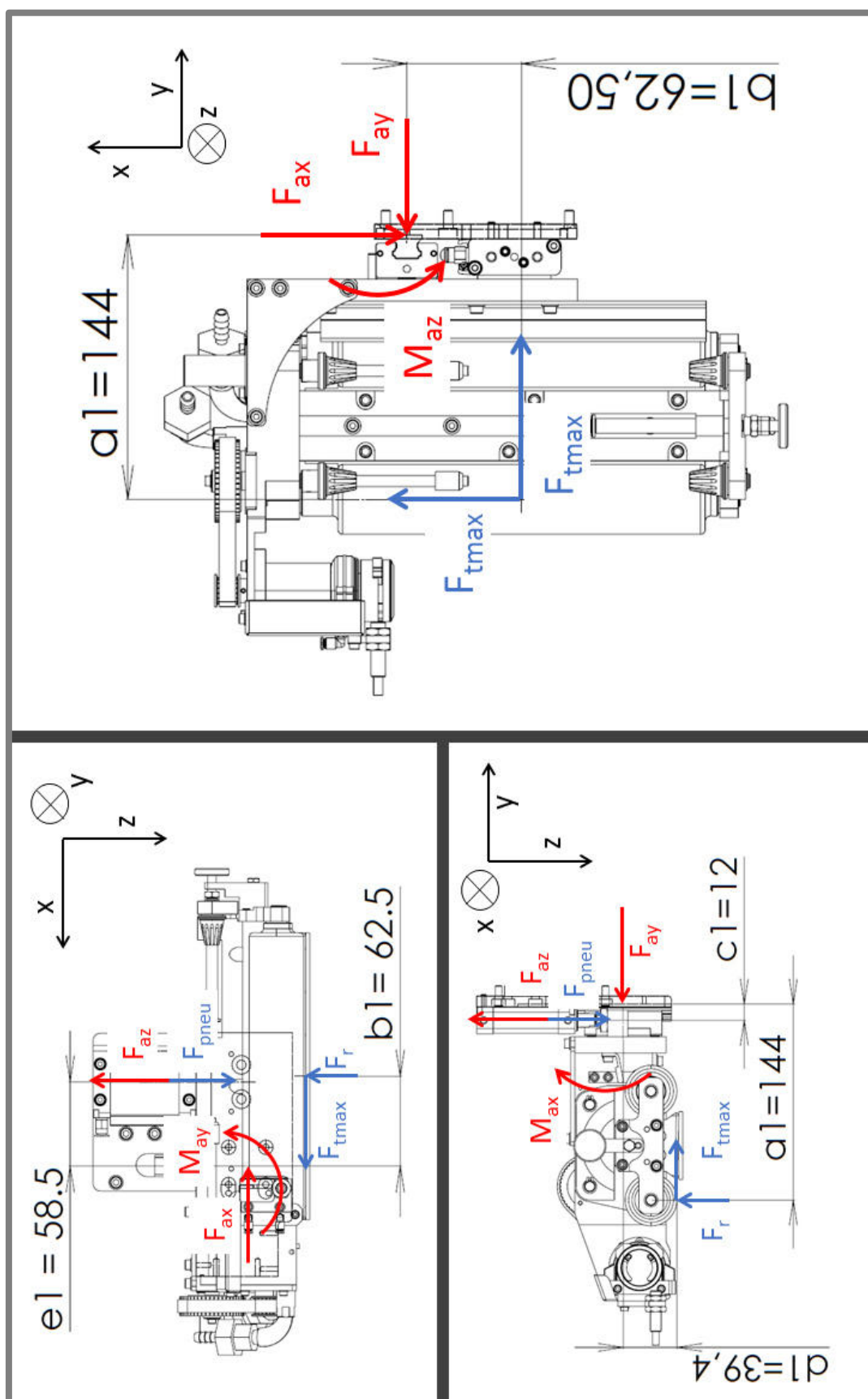
$$F_{AZ} = F_{pneu} - F_R = 70 - 5,8 = 64,2 \text{ N} \quad (25)$$

$$M_{AX} = F_{tmax} \cdot d_1 = 100 \cdot 39,4 = 3940 \text{ Nmm} \quad (26)$$

$$\begin{aligned} M_{AY} &= F_{pneu} \cdot e_1 - F_{AZ} \cdot e_1 - F_R \cdot b_1 = \\ &= 70 \cdot 58,5 - 64,2 \cdot 58,5 - 5,8 \cdot 62,5 = -23,2 \text{ Nmm} \end{aligned} \quad (27)$$

$$\begin{aligned} M_{AZ} &= F_{tmax} \cdot (a_1 - b_1) = 100 \cdot (144 - 62,5) = \\ &= 8150 \text{ Nmm} \end{aligned} \quad (28)$$

Kde:	F_{AX}, F_{AY}, F_{AZ}	[N]	reakční síly ve vedení
	M_{AX}, M_{AY}, M_{AZ}	[Nmm]	klopné momenty zatěžující vedení
	F_{tmax}	[N]	třecí síla
	F_{pneu}	[N]	síla od lineárního pneumotoru
	F_R	[N]	reakční síla v dotyku čisticí hlavy a centrálního válce
	a_1, b_1, c_1, d_1, e_1	[mm]	rozměry vyplývající z obrázku 5-24



Obr. 5-24 Silové zatížení působící na vozík lineárního vedení

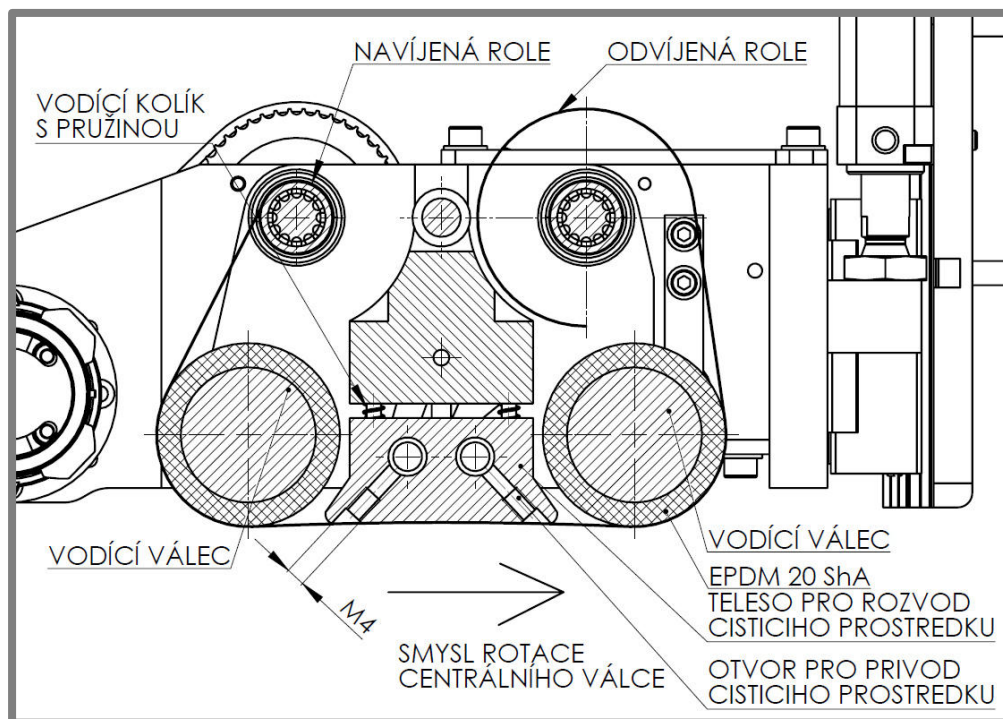
Ze sortimentu společnosti HIWIN bylo vybráno vedení s vozíkem typu EGH15CA. Jedná se o nejmenší provedení běžných vozíků. Při požadavku menších rozměrů by bylo nutné zvolit miniaturní lineární vedení, které je dražší. Z hlediska klopných momentů toto vedení vyhovuje. Parametry vedení uvádí tabulka 5-9.

Tab. 5-9 Parametry lineárního vedení EGH [41]

Označení	H	W	B	C	L	M	$C_{dyn}[N]$	$C_{stat}[N]$	$M_0[Nm]$	$M_x[Nm]$	$M_y[Nm]$
EGH 15 SA	24	34	26	-	40,7	M4	5350	9400	80	40	40
EGH 15 CA	24	34	26	26	57,4	M4	7830	16190	130	100	100

5.3.5 Rozvod čistícího prostředku a přitlačování tkaniny

Pro rozpouštění flexotiskových barev a vyčištění povrchu centrálního válce je nutné do tkaniny, jež válec otírá, vstříkovat čistící prostředek. K tomuto účelu slouží systém rozvádění čistícího prostředku a přitlačování tkaniny (Obr. 5-25). Čistící prostředek je rozváděn po celé šířce tkaniny do dvou míst. Nejprve do místa, kde znečištěný povrch nabíhá pod čistící hlavu, zde je zapotřebí větší množství, a poté do zadní části po smyslu rotace centrálního válce, k dočištění. Principem čištění je rozetření barvy a nečistot na dostatečně tenkou vrstvu, která je pak setřena čistou tkaninou absorbující nečistoty. K přitlaku tkaniny slouží jednak vodící válce a také těleso pro rozvod čistícího prostředku. Na povrchu válců je vulkanizována pryž EPDM o tvrdosti 20 ShA. Na plochu pro přitlak tkaniny na tělese pro rozvod čistícího prostředku je nalepeno expandované EPDM o tvrdosti 20 ShA. Pryž zamezuje skluzu tkaniny po povrchu válců ve směru kmitů čistící hlavy. Těleso pro rozvod čistícího prostředku je uloženo posuvně, tak aby byl zajištěn přitlak po celé ploše při dosednutí hlavy na povrch válce.



Obr. 5-25 Přitlak tkaniny a rozvod čistícího prostředku

V otvorech pro přívod čistícího prostředku jsou zhotoveny závity M4. Tyto závity budou použity v případě nutnosti redukce průřezu trysek. Redukce je tvořena stavěcím šroubem, ve kterém bude vyvrtán otvor o průměru cca 2 mm.

Tkanina je převíjena proti smyslu rotace centrálního válce, pro zamezení opětovného znečištění povrchu při převíjení. Použitou tkaninu bylo nutné nařezat a převinout na menší role tak, aby bylo možné ji založit do čisticí hlavy. Role má průměr 45 mm a šířku 200 mm, obsahuje 2 dutinky (obr. 5-26). Tkanina je určena pro jedno použití, jedná se tedy o spotřební materiál. Čisticí prostředky jsou závislé na typu barev, pro ředidlové barvy je použit přípravek FlexoRM a pro vodou ředitelné barvy je použit přípravek Premo Add Clean 20 od firmy FlintGroup.



Obr. 5-26 Tkanina pro založení do čisticí hlavy

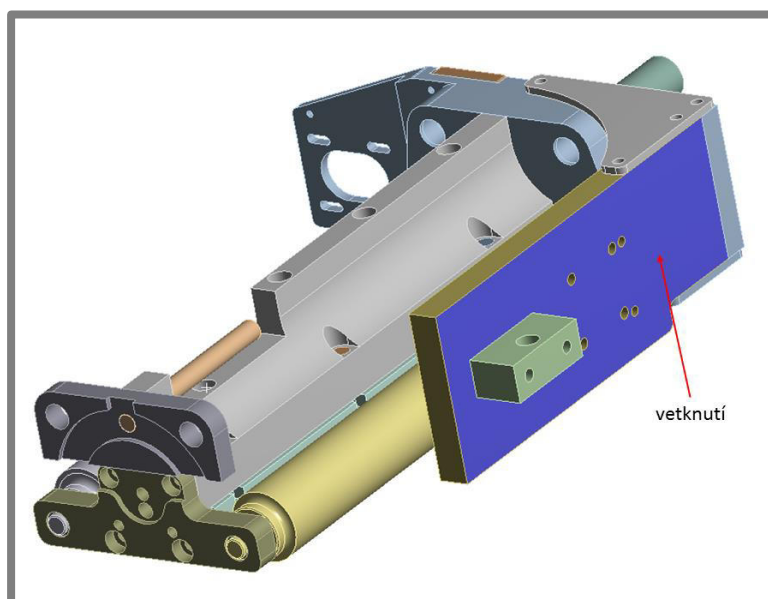
5.3.6 Modální analýza nosných částí čisticí hlavy

Modální analýza je provedena z důvodu buzení vibrací při vlastním procesu tisku. Zde se vyskytuje nebezpečí shody vlastní frekvence čisticí hlavy a frekvence vibrací při tisku. Okrajové podmínky výpočtu znázorňuje obrázek 5-27. Jedná se o stav, kdy je hlava umístěna v klidové poloze a zvednutá od povrchu válce. V analýze nebyly zahrnuty součásti, jejichž hmotnost je zanedbatelná vzhledem k hmotnosti čisticí hlavy (např. upínací kužely, spojovací materiál) a nebudou tedy ve velké míře ovlivňovat vlastní frekvenci celé sestavy. Prvních šest vlastních frekvencí je uvedeno v tabulce 5-10.

Tab. 5-10 Vlastní frekvence čisticí hlavy

Mód	Frekvence [Hz]
1	60,1
2	85,6
3	459,1
4	512,8
5	887,5
6	962,4

5.3.6



Obr. 5-27 Okrajové podmínky-modální analýza čisticí hlavy

Z výsledků modální analýzy vyplývá, že k rezonanci čisticí hlavy nedojde, protože první vlastní frekvence hlavy je vyšší, než nejvyšší budící frekvence stroje (viz kap. 5.2.1).

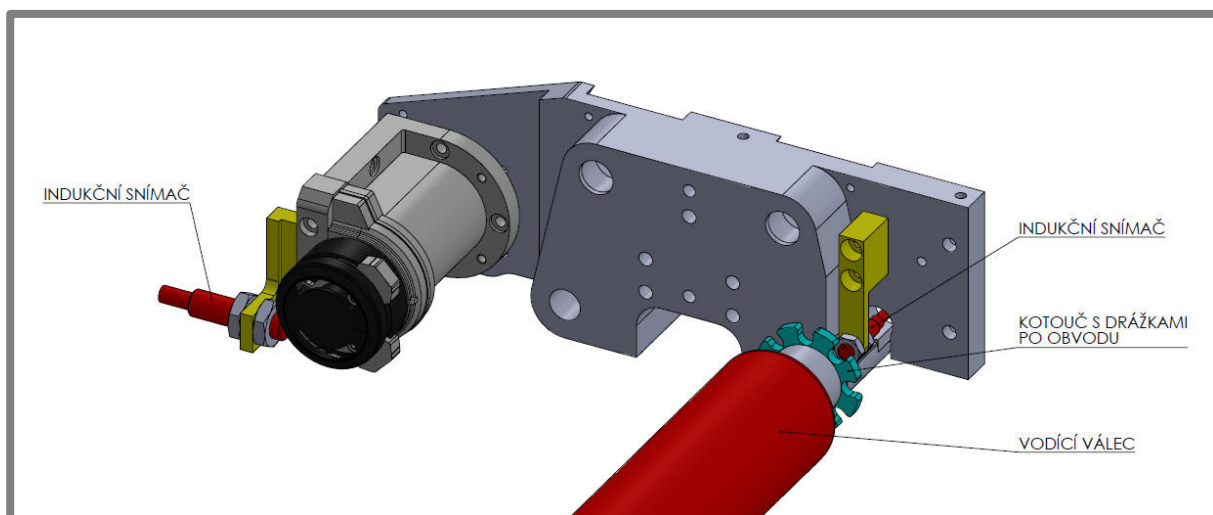
5.3.7 Odměrování délky tkaniny

Při převíjení tkaniny je nutné měřit její délku, protože dle odměřované délky je poté počítáno zbývající množství tkaniny, detekována spotřeba veškeré tkaniny a nutnost její výměny. Odměrování délky převinuté tkaniny je tvořeno indukčním snímačem Pepperl+Fuchs NJ0,8-5GM-N-10M a ocelovým kotoučem se zhotovenými drážkami na obvodu (Obr. 5-28). Při otáčení vodícího válce je vlivem střídavého překrývání indukčního snímače generován signál. Při známém poloměru vodícího a válce počtu drážek na obvodu kotouče je poté dle vztahu 29 vypočtena délka převinuté tkaniny připadající na jeden pulz.

$$L_{tk} = \frac{\pi \cdot D_{vod}}{n_p} = \frac{\pi \cdot 38}{8} = 14,9 \text{ mm} \quad (29)$$

Kde:	L_{tk}	[mm]	délka převinuté tkaniny připadající na jeden pulz senzoru
	D_{vod}	[mm]	průměr vodícího válce
	n_p	[-]	počet drážek na obvodu kotouče

Dalším indukčním snímačem Pepperl+Fuchs NCB1,5-8GM25-N0-10M umístěným na kyvném pohonu je snímán počet kyvů. Pokud tento snímač generuje signál, ale snímač u vodícího válce ne, je detekováno přetržení tkaniny a na displeji stroje se objeví chybová hláška.

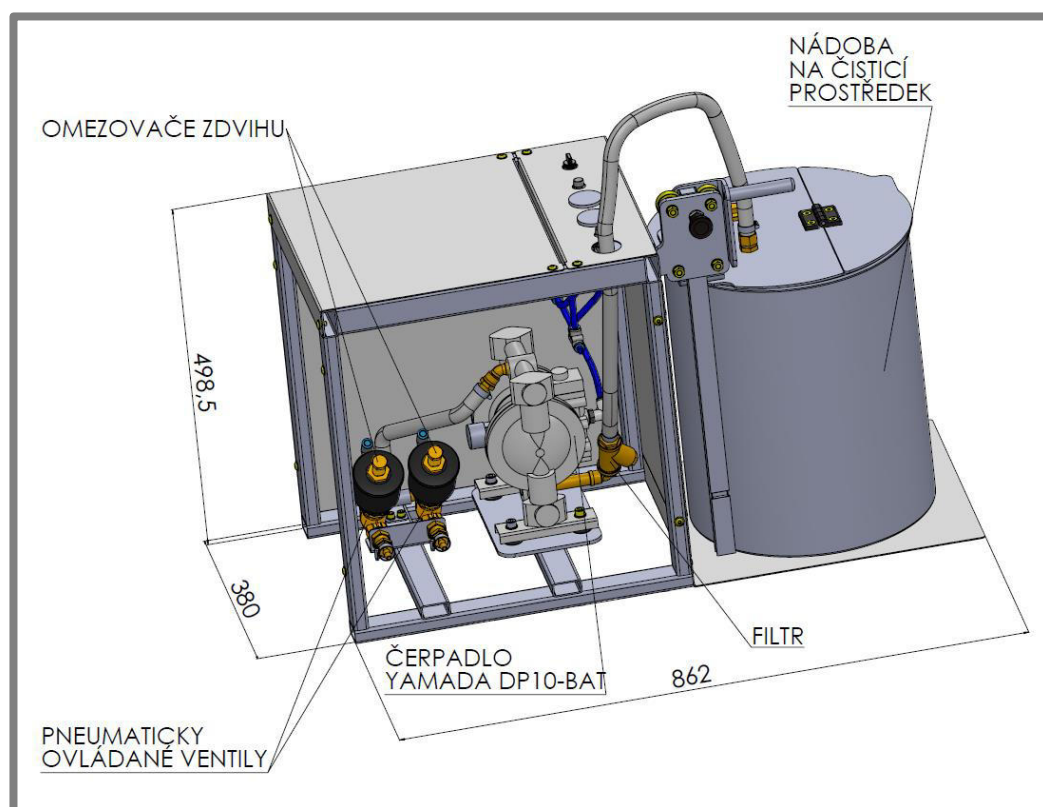


Obr. 5-28 snímání otáček pro odměřování délky tkaniny

5.4 Čerpání čistícího prostředku

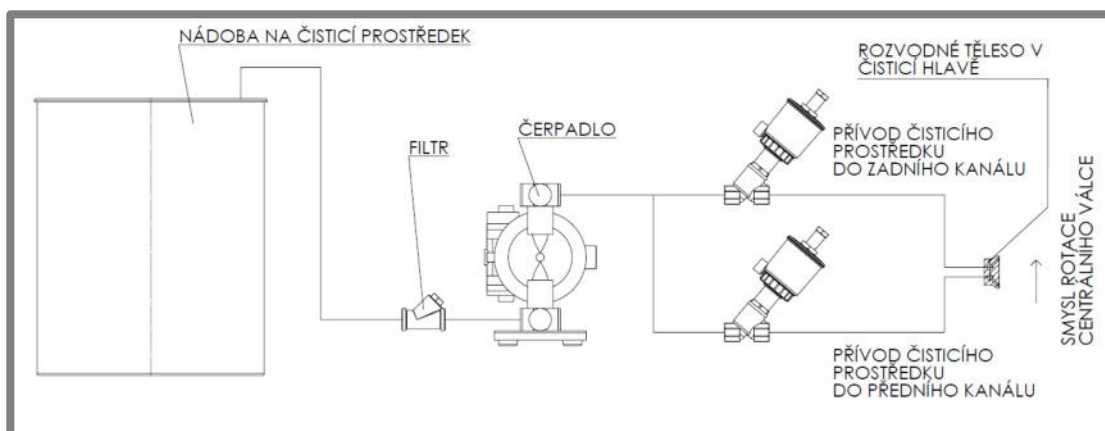
5.4

Jednotka čerpání se skládá z pneumatického membránového čerpadla, dvou pneumaticky ovládaných ventilů, nádrže na čistící prostředek a snímače výšky hladiny, pro detekci jejího nedostatku. Tekutina je nasávána z nádoby přes filtr do čerpadla, a dále je její tok rozdělován do dvou sekcí nezávisle na sobě ovládanými pneumatickými ventily. Od ventilů je tekutina dále vedena hadicemi až do čistící hlavy. Čerpadlo a ventily jsou uloženy v ocelovém svařovaném rámu, na který jsou přišroubovány plechové kryty (Obr. 5-29).



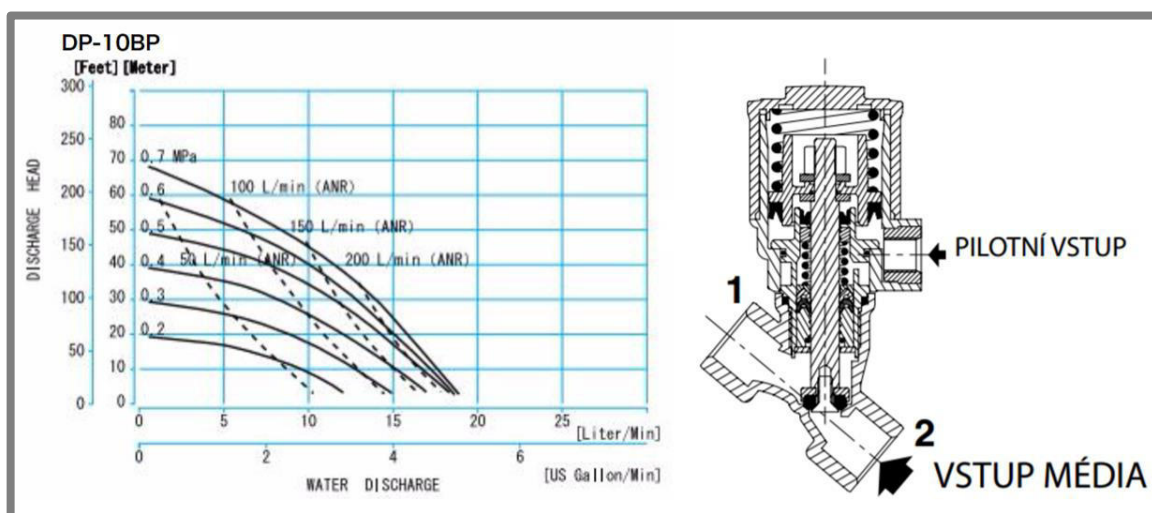
Obr. 5-29 Jednotka čerpání čistícího prostředku

Jednotka čerpání čisticího prostředku bude umístěna na straně obsluhy vedle jednotky automatické regulace viskozity. Schéma přívodu čisticího prostředku do čisticí hlavy je znázorněno z obrázku 5-30.



Obr. 5-30 Schéma přívodu čisticího prostředku

Dle čerpadel, používaných ve firmě SOMA, bylo vybráno čerpadlo DP-10-BAT od firmy YAMADA. Jedná se o čerpadlo dodávající nejmenší průtok, z čerpadel odebíraných zadavatelskou firmou. Výkonnostní křivky čerpadla jsou uvedeny na obrázku 5-31 vlevo. Výhodou pneumatického membránového čerpadla je jednak zabezpečení proti výbuchu, jedná se o neelektrický komponent, a také odpadá nutnost čerpadlo spínat. Spínání probíhá pouze otevíráním ventilů, při otevření ventilů poklesne tlak tekutiny a čerpadlo začne pracovat. Po uzavření ventilů je vyrovnán tlak vzduchu v čerpadle s tlakem kapaliny a čerpadlo je zastaveno.



Obr. 5-31 vlevo výkonnostní křivky čerpadla YAMADA DP-10-BAT, vpravo řez pneumaticky ovládaným ventilem Asco [42; 43]

Na rám je připevněn panel, ve kterém jsou zbudovány manometry a regulační prvky pro nastavení tlaku v čerpadle a přitlaku čisticí hlavy k povrchu válce.

Pneumaticky ovládané ventily typu E290A384 jsou dodávány firmou Asco Joucomatic. Jedná se o ventily s bronzovým tělem, v klidu uzavřené (obr. 5-31 vpravo). Pilotním vstupem je do ventilu přiveden tlakový vzduch, pomocí kterého je ventil ovládán. Tyto ventily jsou doplněny omezovačem zdvihu, jedná se o šroub s jemným stoupáním závitu, kterým je možné omezit zdvih ventilu, a tak regulovat

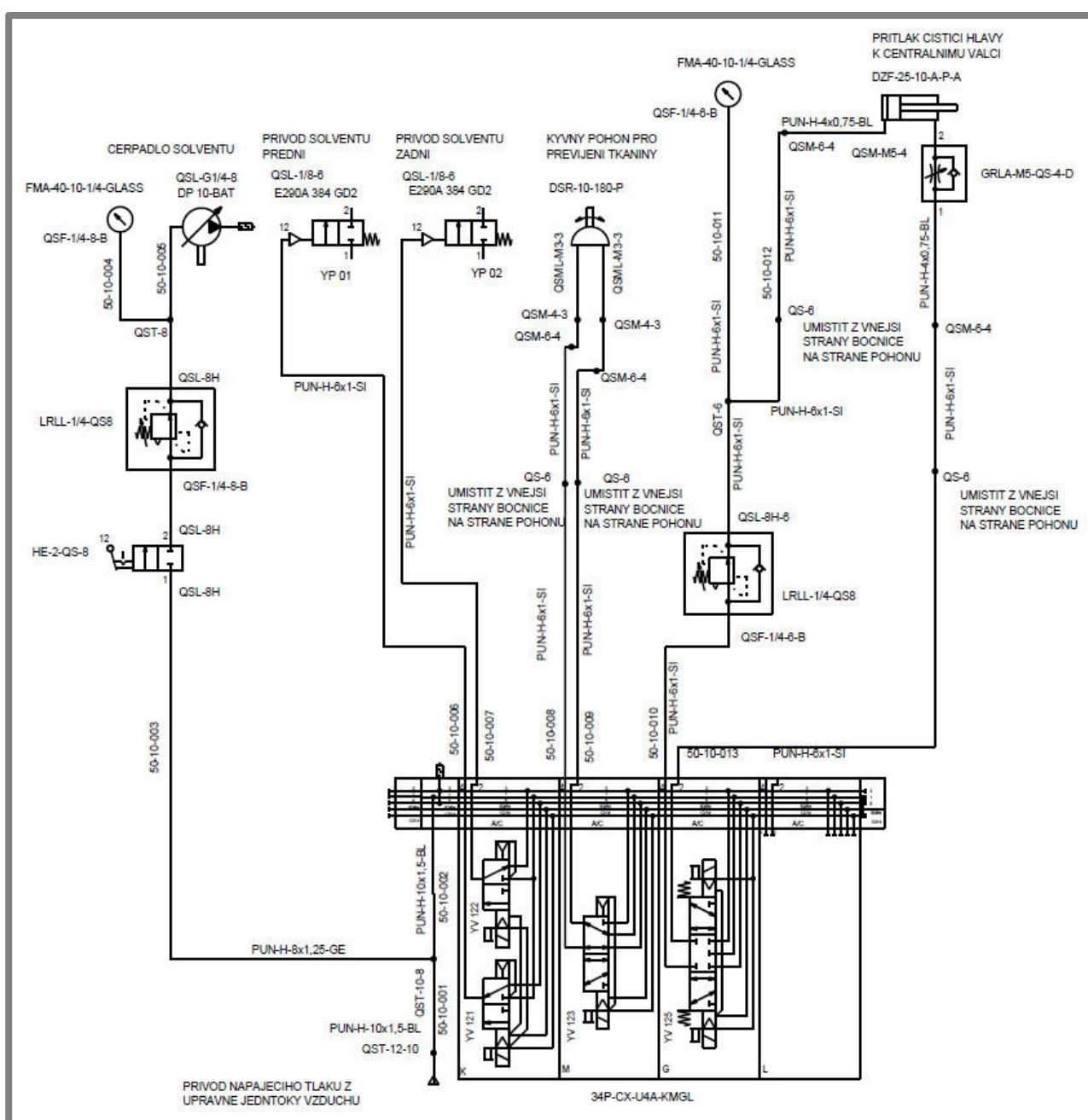
průtok kapaliny ventilem. Víko nádrže na čisticí prostředek, ve kterém je připevněn snímač hladiny, je možné zvednout, pro výměnu nádoby.

Pro konstrukci této jednotky byly z důvodu snížení ceny použity některé díly z databáze zadavatele.

5.5 Pneumatická část

V čistící jednotce je použito několik pneumatických prvků, které je nutné řídit. Pneumatické prvky jsou zde využívány proto, že u nich nehrozí riziko vzniku jiskry a jsou vhodné do prostředí s výbušnou atmosférou. K řízení jednotlivých prvků je použit ventilový terminál FESTO 34P-CX-U4A-KMGL s elektromagneticky ovládanými ventily. Pneumatické schéma (obr. 5-32) je vytvořeno dle požadavků a zvyků zadavatelské firmy.

5.4



Obr. 5-32 Pneumatické schéma čisticí jednotky

Tlakový vzduch je zde do terminálu přiváděn z centrální úpravné jednotky vzduchu flexotiskového stroje. S ohledem na skutečnost, že spínání čerpadla není nutné ovládat, je do něj tlakový vzduch přiváděn stále a vedení tlakového vzduchu se rozděluje ještě před vstupem do terminálu. Před čerpadlo je předřazen uzavírací ventil pro rychlé odstavení čerpadla a redukční ventil s manometrem pro regulaci tlaku vzduchu v čerpadle, čímž je regulován i tlak dopravované kapaliny.

Pro ovládání pneumatických ventilů, zajišťujících dávkování čisticího prostředku, byli zvoleny dvoupolohové, třicestné, monostabilní ventily, v klidové poloze uzavřené. Ventil bude otevřen jen po určitý čas, řádově v milisekundách. Tyto ventily v jedné pozici terminálů umožňují nezávislé řízení toku čisticího prostředku.

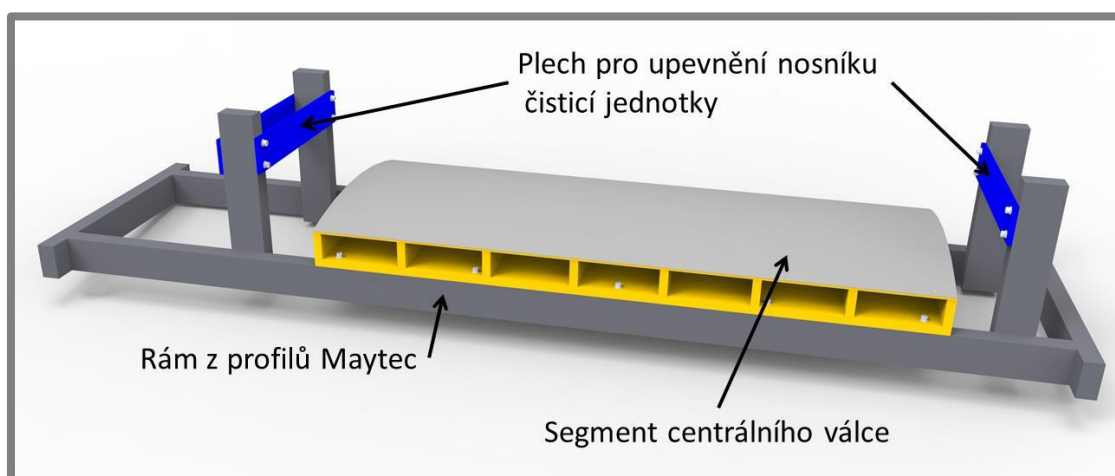
Do kyvného pohonu je nutné v určitých časových intervalech přivádět tlakový vzduch střídavě na jednu a na druhou stranu kyvného křídla, což je zajištěno pěticestným, dvoupolohovým ventilem.

S ohledem na požadavky na lineární pneumotor, zajišťující přítlak čisticí hlavy a její zvedání, je pro jeho ovládání zvolen pěticestný třípolohový ventil, v základní poloze uzavřený. Ventil je v základní poloze uzavřený, protože je požadováno, aby při výpadku dodávky tlakového vzduchu, a současněmu výpadku elektrické energie zůstala čisticí hlava ve zvednuté poloze. Při běhu stroje, kdy neprobíhá čištění, je vzduch přiváděn trvale na stranu pro zpětný pohyb pístu, na tento vývod je také umístěn jednosměrný škrťací ventil s odvětráním, který brání úniku vzduchu z pneumotoru v případě výpadku jeho dodávky. Při čištění je pro nastavení ideálního přítlaku čisticí hlavy nutné regulovat tlak v pneumotoru. Tlak je regulován redukčním ventilem a jeho hodnotu je možné odečíst z manometru připojeného do obvodu.

Do pneumatických prvků je ve většině případů vzduch dopravován hadičkami o vnějším průměru 6 mm, hadice jsou propojovány s pneumatickými prvky pomocí nástrčných šroubení. Ve schématu jsou označeny všechny použité prvky a šroubení a dále jsou zde uvedena jednotlivá čísla hadic, která slouží pro lepší orientaci při zapojování. Při konfiguraci ventilového terminálu byla ponechána jedna pozice jako volná, pro případ potřeby přidání dalšího pneumatického prvku, který by bylo nutné řídit.

5.6 Testovací rám

Vzhledem k nutnosti odladění parametrů čištění (např. doba vstřiku čisticího prostředku, délka a četnost převíjení tkaniny, přítlak čisticí hlavy...) ještě před montáží do stroje, byla jednotka nejprve upevněna do testovacího rámu (obr. 5-33). Testovací rám je tvořen hliníkovými profily Maytec o rozměru 40 × 80 mm. Do tohoto rámu je přišroubován segment centrálního válce. Segment je tvořen dřevěnými deskami tvarovanými tak, aby vrchní plocha měla stejný poloměr jako centrální válec. Na ploše tvořící tvarovou část je připevněn plech z korozivzdorné oceli, kterým je nahrazen povrch centrálního válce. Na svisle orientované profily jsou připevněny plechy se zhotovenými závity, pro připevnění nosníku čisticí jednotky. K řízení pohybů a jako zdroj elektrické energie a tlakového vzduchu je využit testovací flexotiskový stroj.



Obr. 5-33 Testovací rám pro odladění parametrů čištění

5.7 Řídící program

Pro řízení jednotky a její odladění slouží program, vytvořený pracovníky konstrukce elektroniky firmy SOMA, program nebyl předmětem této práce. Do tohoto programu jsou zadávány v jednotlivých krocích parametry a požadavky na činnost jednotky v každém kroku. Jednotlivé zadávané činnosti a parametry jsou zobrazeny na displeji stroje (Obr. 5-34), jedná se na příklad o požadavek na přítlak čisticí hlavy, souřadnice čištěného místa, délku převíjené tkaniny, počet a dobu vstřiků čisticího prostředku a podobně. Vždy pod zadávanými hodnotami jsou zobrazeny skutečné hodnoty zjištěné při běhu daného programu. Jednotlivé programy je zde možné ukládat a opakovaně načítat. Řídící program umožňuje libovolné vrácení se do předešlých kroků. Je možnost zde editovat až dvacet kroků najednou, po zadání parametrů je po stisku tlačítka *RUN* proveden program a po skončení je hlava odsunuta do klidové polohy. Účelem tohoto programu je nalezení vhodných parametrů pro čištění, ze kterých pak budou následně vytvořeny jednotlivé sekvence, kdy bude zákazníkem zadán pouze druh znečištění a jeho poloha a podle něj budou programu přiřazeny jednotlivé parametry. Možnost volit jednotlivé parametry čištění tak, jak je uvedeno na obrázku 5-34 budou mít pouze servisní technici firmy SOMA.

Editovat krok :

20

Left SEND Right

Program1

SAVE

Program4

LOAD

From To

400.0 700.0

Length of fabric

500.0

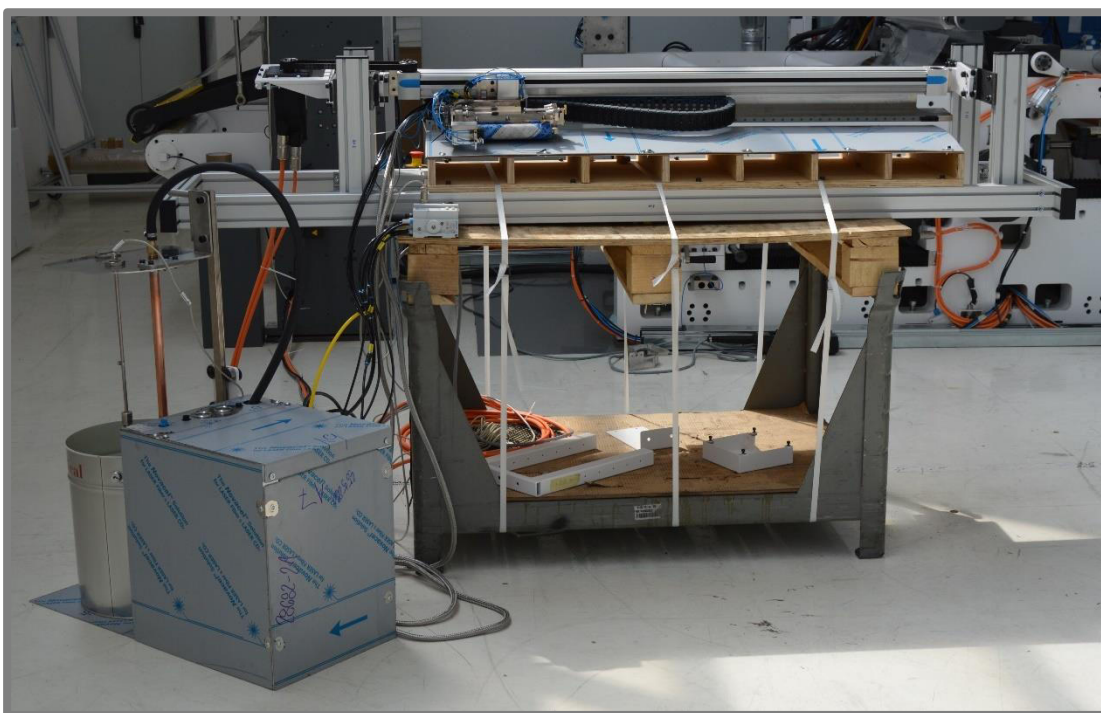
RUN

	1	2	3	4	5	6
Pozadovana rychlost centralniho valce [m/min]	0	0	0	0	0	0
Skutecna rychlost centralniho valce [m/min]						
Pozadovany uhel otoceni centralniho valce [°]	0	0	0	0	0	0
Skutecny uhel otoceni centralniho valce [°]						
Pozadovana rychlost pohybu cistici hlavy [m/min]	0	0	0	0	0	0
Skutecna rychlost pohybu cistici hlavy [m/min]						
Pozadovany pocet prejezdu cistici hlavy [-]	0	0	0	0	0	0
Skutecny pocet prejezdu cistici hlavy [-]						
Rezerva						
Rezerva						
Skutecna vzdalenost, ve které se cistici hlava nachazi [mm]						
Pozadovana delka previnuti tkaniny (cely nasobek 15 mm)	0	0	0	0	0	0
Skutecna delka previnuti cistici tkaniny [mm]						
Pozadovany pocet vstriků zadního ventilu solventu [-]	0	0	0	0	0	0
Pozadovana delka vstriků zadního ventilu solventu [ms]	0	0	0	0	0	0
Skutecny pocet vstriků zadního ventilu solventu [-]						
Pozadovany pocet vstriků předního ventilu solventu [-]	0	0	0	0	0	0
Pozadovana delka vstriků předního ventilu solventu [ms]	0	0	0	0	0	0
Skutecny pocet vstriků předního ventilu solventu [-]						
Pozadavek přitlaku cistici hlavy [-]	0	0	0	0	0	0
Skutecnost zapnutí přitlaku hlavy [-]						
Pozadovana delka kroku programu cisteni CI [s]	0	0	0	0	0	0
Pozadavek zkraceni delky kroku programu cisteni CI dle skutečne doby trvani kroku [-]	0	0	0	0	0	0
Skutecna delka kroku programu cisteni CI [s]						
Pozadavek pokračování skokem do kroku [-]	0	0	0	0	0	0
Pozadovany pocet opakování skoku do kroku [-]	0	0	0	0	0	0
Skutecny pocet opakování skoku do kroku [-]						
Pozadavek přesunu cistici hlavy do parkovací polohy [-]	0	0	0	0	0	0
Skutecnost přesunu hlavy do parkovací polohy [-]						

Obr. 5-34 Snímek obrazovky programu pro obsluhu čisticí jednotky.

6 DISKUZE

Hlavním výstupem této práce je funkční vzorek čistící jednotky (Obr. 6-1). Výroba prototypu byla zajištěna zadavatelskou firmou. Během výroby součástí a montáže jednotky probíhala s firmou neustálá spolupráce. Celkový návrh čistící jednotky byl proveden dle požadavků firmy SOMA. Během samotné konstrukce čistící jednotky byly také do výkresů bočnic stroje zaneseny úpravy pro následnou montáž, jedná se o vytvoření průchozího vybrání v bočnici na straně pohonu pro montáž řemenu, průchod hadic a kabelů k samotné čistící jednotce, dále byly v obou bočnicích vytvořeny otvory pro kolíky a závitové otvory pro přišroubování plechů, na které bude připevněn hlavní nosník.

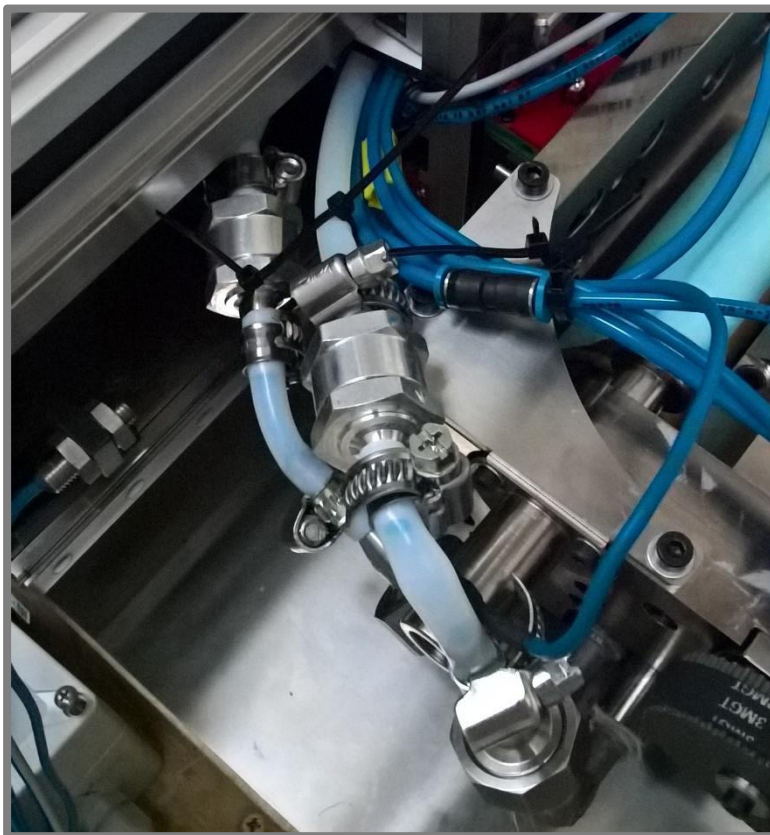


Obr. 6-1 Čistící jednotka v testovacím rámu

První testy byly provedeny na testovacím rámu, kdy byly nejdříve rozpohybovány jednotlivé pohony samostatně a poté byla programově sladěna jejich činnost. Během počátečních testů se ukázalo, že energetický řetěz je příliš naplněn, což znamenalo vysoké namáhání kabelů a hadic v důsledku pohybu čistící hlavy. Proto byly pneumatické hadice o průměru 6 mm nahrazeny menšími hadicemi o průměru 4 mm a kabely byly od hadic odděleny pomocí příčných oddělovačů. Testování probíhalo tak, že na povrch segmentu centrálního válce (viz kap. 5.6) byla nanesena barva simulující znečištění válce během tisku. Jednalo se o pruh barvy, který byl následně otírán čistící hlavou. Proces čištění probíhá v několika fázích, nejdříve byla čistící hlava přitlačena na povrch válce, poté byl do tkaniny vstříknut čistící prostředek a hlava začala kmitat v axiálním směru na znečištěném místě, po několika kmitech byla hlava zvednuta pro převinutí tkaniny. Po převinutí byly rozpuštěné nečistoty a barva absorbovány suchou tkaninou a znečištěné místo bylo otřeno do sucha. Uspokojivých výsledků bylo dosaženo po čtyřech přejezdech čistící hlavy s jedním vstřikem čistícího prostředku v délce 180 ms a dvou dalších krocích v programu, kdy v každém byla tkanina převinuta o 45 mm a čistící hlava vykonala 6 přejezdů bez vstřikování čistícího prostředku.

Při návrhu jednotky čerpání čisticího prostředku bylo na požadavek zadavatele využito čerpadlo a pneumaticky ovládané ventily, které se již na strojích používají, takže v případě že nebudou vhodné, je možné je použít v jiných částech stroje. Během testů se ukázalo, že zvolené pneumatické ventily nejsou pro tento účel příliš vhodné, a to hlavně z hlediska jejich dlouhé doby odezvy. Při požadavku vstříků čisticího prostředku v intervalech kolem 200 ms mají ventily odezvu dlouhou zhruba 1000 ms což znamená že je do tkaniny vstříknuto větší množství čisticího prostředku, než může pojmout. Tyto ventily budou nahrazeny ventily solenoidovými s menší dobou odezvy tak, aby bylo dávkování čisticího prostředku přesnější. Další úpravou pro lepší dávkování čisticího prostředku byla redukce průměru trysek v tělese rozvodu čisticího prostředku v čisticí hlavě. Do trysek s připravenými závity byly našroubovány stavěcí šrouby M4 s vyvrtaným otvorem o průměru 1 mm.

Do vedení čisticího prostředku bylo také nutné umístit zpětné ventily (obr. 6-2). Bez zpětných ventilů docházelo při odstavení čisticí hlavy ke vztlínání čisticího prostředku do tkaniny a jeho následnému odpařování. Následkem tohoto jevu bylo odvedení čisticího prostředku z hadic. V důsledku nepřítomnosti čisticího prostředku v hadicích v různé míře v závislosti na době odstavení jednotky, nebyl konstantní čas od okamžiku otevření ventilů do okamžiku výtoku čisticího prostředku z čisticí hlavy, čímž bylo znemožněno programové nastavení čisticího cyklu, kdy nastával případ, že čisticí prostředek nebyl vůbec přiveden do tkaniny nebo byl vstříknut v takovém množství, které tkanina nepojmala. Instalací zpětných ventilů do nejbližšího možného místa k čisticí hlavě byly výše zmíněné problémy odstraněny.



Obr. 6-2 Zpětné ventily ve vedení čisticího prostředku

Pro odstranění rázů, vznikajících při zvedání čisticí hlavy, bude do pneumatického obvodu doplněn škrtkový ventil pro pomalejší pohyb lineárního pneumotoru.

Hlavní nosník čisticí hlavy je dostatečně tuhý, což dokázala jednak pevnostní a deformační analýza a také provedené testy. Výkon motoru je dostatečný z hlediska akcelerace i brždění čisticí hlavy. Vzhledem k umístění motoru ve stroji na místě, kudy jsou vedeny kabely do horní části stroje je navržena také konzola, která povede kabely kolem motoru a kryt, pro zakrytí synchronního řemenu a řemenice na místě, kde by mohlo dojít k jejich kontaktu s kabely.

Během dalších testů bude nutné určit optimální parametry pro čištění a vzájemnou závislost mezi nimi, tak aby bylo možné nastavit jejich hodnoty v závislosti na druhu a velikosti znečištění. Zákazník poté bude pouze zadávat polohu znečištěného místa, program tak jak je popsán (viz kap. 5-7) bude přístupný pouze servisním technikům firmy SOMA. Pro určení místa znečištění bude použito měřítko, nalepené na příčniku nad centrálním válcem.

Zařízení je vhodné pro čištění jak ředidlových, tak vodou ředitelných barev. Jediný rozdíl při čištění těchto dvou druhů barev je v použitém čisticím prostředku.

Fotodokumentace zařízení je samostatnou přílohou číslo 4 této práce.

7 ZÁVĚR

Tato diplomová práce se zabývá konstrukčním návrhem a výrobou čisticí jednotky centrálního protitlakého válce flexotiskového stroje. Čisticí jednotka je určena pro čištění ředidlových a vodou ředitelných barev bez sejmutí potiskovaného materiálu z povrchu centrálního válce. Zadání vzniklo ve firmě SOMA Engineering s.r.o. v Lanškrouně.

V první části práce jsou stručně popsány jednotlivé druhy flexotiskových strojů a používané druhy flexotiskových barev. V další části se řešerše věnuje popisu jednotlivých patentovaných řešení a jejich nároků. Vzhledem k tomu, že zařízení bude nabízeno jako volitelné vybavení do strojů, exportovaných do celého světa, je konstrukce vytvořena tak, aby nebyla v kolizi s žádným patentovaným řešením.

V koncepčním řešení je uvedeno několik možných variant provedení a současně jsou v práci zmíněny jejich výhody a nevýhody. Z těchto variant byla vybrána ta optimální z hlediska přítlaku tkaniny k povrchu čisticího válce, vstřikování čisticího prostředku a jednoduchosti výměny rolí s použitou tkaninou, která je dále rozpracována v konstrukčním řešení.

V konstrukčním řešení jsou detailně popsány jednotlivé části zařízení a jejich konstrukční prvky. Čisticí jednotka se skládá ze tří hlavních podskupin: čisticí hlavy, hlavního nosníku, a jednotky čerpání čisticího prostředku. U konstrukce čisticí hlavy a hlavního nosníku bylo nutné brát v úvahu možný vznik vibrací při tisku, proto je u těchto dvou částí provedena modální analýza pro ověření nejnižší vlastní frekvence, která se neshoduje s frekvencí vibrací buzených při tisku.

Hlavním výstupem této práce je funkční vzorek. Na tomto vzorku jsou prováděny testy, které slouží k určení správného dávkování čisticího prostředku a převíjení tkaniny v kombinaci s pohyby čisticí hlavy. Po těchto testech bude jednotka umístěna do stroje, kde budou probíhat testy již se zanesením vlivu rotace centrálního válce. Poté bude jednotka nabízena zákazníkům firmy SOMA Engineering s.r.o.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Flexotisk - technologie současnosti. *Svět tisku* [online]. Praha: Svět tisku, spol. s r. o., 2006 [cit. 2016-11-06]. Dostupné z: http://www.svettisku.cz/buxus/generate_page.php?page_id=2542&buxus_svettisku=
- [2] PAVLAS, Petr. *Návrh optimalizovaného řešení konstrukce a uložení suportu formového a rastrového válce flexotiskového barevníku* [online]. Brno, 2014 [cit. 2015-04-14]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/studium/zaverecne-prace?zp_id=71382. Diplomová práce. VUT.
- [3] O flexotiskových strojích. *Svět tisku* [online]. Úvaly: Svět tisku, 2004 [cit. 2017-04-25]. Dostupné z: http://www.svettisku.cz/buxus/generate_page.php?page_id=6116
- [4] Modelové příklady. ŽĎAS [online]. Žďár nad Sázavou: ŽĎAS, a.s., b.r. [cit. 2017-04-25]. Dostupné z: <http://www.zdas.cz/cs/content.aspx?catid=212>
- [5] Úzkoformátové flexotiskové stroje. *Svět tisku* [online]. Úvaly: Svět tisku, 2004 [cit. 2017-04-25]. Dostupné z: http://www.svettisku.cz/buxus/generate_page.php?page_id=6894&buxus_svettisku=ff3b1f1ae8b5f9f1b80a3b8f8b8c46c8
- [6] Flexotiskové stroje. *SOMA* [online]. Lanškroun: SOMA Engineering, 2015 [cit. 2017-04-25]. Dostupné z: <http://www.soma-eng.com/cs/produkty/flexotiskove-stroje>
- [7] Central impression drum cleaner "CIC". *Defi* [online]. ST JEAN DE SOUDAIN: DEFI SAS, 2016 [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: http://www.defi-sa.com/prod-en-Central_impression_drum_cleaner_CIC-2-8.html
- [8] *Flexible Packaging* [online]. Rochdale: Pack Support Group, 2013 [cit. 2016-06-05]. Dostupné z: <http://www.packsupportgroup.com/flexible-packaging.html>
- [9] *Průtah materiálu strojem*. Lanškroun, 2015.
- [10] Flexotiskové barvy pro potisk různých materiálů. *Svět tisku* [online]. Praha: Vydavatelství Svět tisku, spol. s r. o., 2004 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: http://www.svettisku.cz/buxus/generate_page.php?page_id=6164
- [11] GECOL, Hatice, John F. SCAMEHORN, Sherril D. CHRISTIAN, Brian P. GRADY a Fred RIDDELL. Use of surfactants to remove water based inks from plastic films. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 2001, **189**(1-3), 55-64. DOI: 10.1016/S0927-7757(01)00591-X. ISSN 09277757. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S092777570100591X>
- [12] CHOTIPONG, Arubol, John F. SCAMEHORN, Thirasak RIRKSOMBOON, Sumaeth CHAFADEJ a Pitt SUPAPHOL. Removal of solvent-based ink from printed surface of high-density polyethylene bottles by alkyltrimethylammonium bromides: Effects of pH, temperature, and salinity. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 2007, **297**(1-3), 163-171. DOI: 10.1016/j.colsurfa.2006.10.043. ISSN 09277757. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0927775706007953>

- [13] Sólý, koloidy a micely. *Základy fyzikální chemie* [online]. Brno: Masarykova univerzita, 2011 [cit. 2016-12-10]. Dostupné z: https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/prif/js11/fyz_chem/web/povrchy/koloidy.htm
- [14] Micely. *Wikipedie* [online]. 2016 [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Micely>
- [15] SONGSIRI, Duangkamol, Swe Swe MIN, John F SCAMEHORN, Somchai OSUWAN a John W ELLIS. Use of cationic surfactant to remove solvent-based ink from rigid high density polyethylene surfaces. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 2002, **204**(1-3), 261-269. DOI: 10.1016/S0927-7757(02)00003-1. ISSN 09277757. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0927775702000031>
- [16] *Flexographic Washout Solvents* [online]. Somerset: Absolute Solvents Ltd, 2016 [cit. 2016-04-29]. Dostupné z: <http://www.absolutesolvents.co.uk/products/flexographic-washout-solvents/>
- [17] *Safety data sheet*. Tábor, 2006.
- [18] Flexographic Washout Solvents. *Solvents Australia* [online]. Mona Vale: Solvents Australia, 2011 [cit. 2016-04-29]. Dostupné z: <http://www.solvents.net.au/flexographic.htm>
- [19] Washout Solvent – nylosolv. [Http://www.flintgrp.com/index.php](http://www.flintgrp.com/index.php) [online]. Flint Group, 2016 [cit. 2016-04-29]. Dostupné z: <http://www.flintgrp.com/en/products/Printing-Plates/nylosolv/nylosolv.php>
- [20] Flexographic washout solvents. *FlexoChem* [online]. Pinetown: FlexoChem, 2015 [cit. 2016-04-29]. Dostupné z: <http://www.flexochem.co.za/#!flexographic-washout-solvents/c23f>
- [21] Flexographics solvents recycling. *Amber Solvent Recycling* [online]. Addison: Amber Solvent Recycling, 2011 [cit. 2016-04-29]. Dostupné z: <http://ambersolvents.com/services>
- [22] Flexographic Washout Solvents. *Chemical Products for Industry* [online]. C.K. Chemicals, b.r. [cit. 2016-04-29]. Dostupné z: <http://www.ckchemicals.co.uk/flexographic-washout-solvents.php>
- [23] *European Patent Office* [online]. Brusel: European Patent Office, 2016 [cit. 2016-06-09]. Dostupné z: <http://www.epo.org/>
- [24] *World Intellectual Property Organization* [online]. Ženeva: World Intellectual Property Organization, 2016 [cit. 2016-06-09]. Dostupné z: <http://www.wipo.int/portal/en/>
- [25] *METHOD AND DEVICE FOR CLEANING A CYLINDER OF A PRINTING PRESS*. 2003. Itálie. B41F 35/02, B41F 35/06. Uděleno 16.12.2004. Zapsáno 19.12.2003. Dostupné také z: https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=WO2004108416&recNum=25&maxRec=57&office=&prevFilter=&sortOption=Relevance&queryString=EN_TI%3Acleaning+AND+EN_AB%3Aflexographic+&tab=PCT+Biblio

- [26] *CLEANING EQUIPMENT FOR CLEANING CENTRAL DRUM OF FLEXOGRAPHIC PRINTING MACHINE, HAS MULTIPLE PRINTING DEVICES PLACED AROUND CENTRAL DRUM, WHERE PRINTING DEVICES COMPRISE PRINTING CYLINDER, INKING CYLINDER AND INKING UNIT.* b.r. Španělsko. B41F35/04. Uděleno 16.03.2005. Dostupné také z:
http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=ES&NR=2226583A1&KC=A1&FT=D&ND=4&date=20050316&DB=EPODOC&locale=cz_CZ
- [27] *METHOD FOR CLEANING THE CENTRAL DRUM OF A FLEXOGRAPHIC PRINTING MACHINE, CLEANING DEVICE AND FLEXOGRAPHIC PRINTING MACHINE EQUIPPED WITH SAID DEVICE.* b.r. Itálie. B41F35/00. Uděleno 16. 10. 2014. Dostupné také z:
http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=WO&NR=2014167462A1&KC=A1&FT=D&ND=4&date=20141016&DB=EPODOC&locale=cz_CZ
- [28] *APPARATUS AND METHOD FOR RAPID CLEANING OF CENTRAL DRUM OF FLEXOGRAPHIC PRINTING MACHINES.* b.r. Itálie. B41F35/02. Uděleno 27. 09. 2012. Dostupné také z:
http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=WO&NR=2014167462A1&KC=A1&FT=D&ND=4&date=20141016&DB=EPODOC&locale=cz_CZ
- [29] *APPARATUS PARTICULARLY SUITABLE FOR CLEANING THE CLICHÉ PLATE OF FLEXOGRAPHIC PRINTING MACHINES.* b.r. Itálie. B41F35/02. Uděleno 23.09.2015. Dostupné také z:
https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=EP&NR=2921299A1&KC=A1&FT=D&ND=3&date=20150923&DB=EPODOC&locale=en_EP
- [30] Linear Modules. *Bosch Rexroth* [online]. Bosch Rexroth, 2016 [cit. 2016-11-09]. Dostupné z:
https://md.boschrexroth.com/modules/BRMV2PDFDownload-internet.dll/R310_2402_2013-12_EN_LM_Media.pdf?db=brmv2&lvid=1179273&mvid=12409&clid=20&sid=4F6447CC55BD2CEBA6E984B5B6BD607A.borex-tc&sch=M&id=12409,20,1179273
- [31] Lineární moduly KK. *HIWIN* [online]. Brno: HIWIN s.r.o, 2016 [cit. 2016-11-09]. Dostupné z: http://www.hiwin.cz/cz/produkty/polohovaci-systemy/linearni-moduly-kk/124_kk-40
- [32] *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření.* 2., dopl. vyd. Úvaly: Albra, 2005, s. 233. ISBN 80-7361-011-6.
- [33] Volné, Netlumené kmitání. *Mechanika těles: dynamika.* 2. vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2002, s. 136. ISBN 80-214-2260-2.
- [34] Pohony s ozubeným řemenem EGC-TB-KF, kuličková oběžná pouzdra. *FESTO* [online]. Praha 4: Festo, s.r.o., b.r. [cit. 2016-12-15]. Dostupné z: https://www.festo.com/cat/cs_cz/data/doc_cs/PDF/CZ/EGC-TB_CZ.PDF

- [35] Úzký vozík MGN. *Lineární technika, vedení, motory, pohony, zvedací válce* [online]. Brno: HIWIN s.r.o., b.r. [cit. 2016-12-16]. Dostupné z: http://www.hiwin.cz/cz/produkty/linearni-vedeni/miniturni-vedeni/236_uzky-vozik-mgn
- [36] Katalog lineárního vedení PMI 2010. [Http://www.loziska.com/ELO TOMAN](http://www.loziska.com/ELO_TOMAN) [online]. Žamberk: ELO TOMAN s.r.o., 2016 [cit. 2017-05-07]. Dostupné z: http://www.loziska.com/store/lin_vedeni_pmi.pdf
- [37] Zipper SÉRIE 09. *HENNLICH* [online]. Litoměřice: HENNLICH s.r.o., 2017 [cit. 2017-05-08]. Dostupné z: www.hennlich.cz/produkty/energeticke-retezy-flexibilni-kabely-energeticke-retezy-zipper-144/serie-09.html
- [38] Synchronous servo motors IndraDyn S. *Bosch Rexroth. The Drive & Control Company*. [online]. Bosch Rexroth, 2017 [cit. 2017-05-08]. Dostupné z: <http://www.boschrexroth.com/dcc/Vornavigation/Vornavi.cfm?Language=EN&Variant=internet&VHist=g97568,g96068,g278780&PageID=p725951>
- [39] DRIVE DESIGN MANUAL FOR POWERGRIP® GT3, POWERGRIP® HTD® & POWERGRIP® SYNCHRONOUS BELTS. *UZIMEX* [online]. Praha: UZIMEX PRAHA, spol. s r.o., 2006 [cit. 2017-05-08]. Dostupné z: http://www.uzimex.cz/soubory/20070621_gates_synchronizacni_remeny_en.pdf
- [40] Mycí tkaniny. *Arets Graphics* [online]. Praha 15: ARETS GRAPHICS spol. s r.o., 2016 [cit. 2016-12-16]. Dostupné z: <http://www.aretz.cz/myci-tkaniny>
- [41] Vozík EGH. *Lineární technika, vedení, motory, pohony, zvedací válce* [online]. Brno: HIWIN s.r.o., 2016 [cit. 2017-05-09]. Dostupné z: http://www.hiwin.cz/cz/produkty/linearni-vedeni/kulickove-vedeni/rada-eg/23_vozik-egh
- [42] Product Guide. *Yamada Europe BV* [online]. Hengelo: Yamada Europe BV, 2016 [cit. 2017-05-11]. Dostupné z: <http://www.yamada-europe.com/product-guide>
- [43] VALVES pressure operated bronze or stainless steel body threaded ports, 3/8 to 2 1/2. *ASCO* [online]. ASCO Valve, Inc., 2016 [cit. 2017-05-11]. Dostupné z: http://www.asco.com/ASCO%20Asset%20Library/Pressure%20Operated%20Valves-2_2-Bronze-Stainless%20Steel-body-290-CAT-00049GB.pdf#search=e290a384

9 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN

9

Zkratka	Význam
CPC	Cetypiridinium chlorid
CTAB	Cetrimonium bromid
DDAO	Dimethyl dodecylamin oxid
DE	Barevná diference
DTAB	Dodecyltrimethylamonium bromid
KMK	Kritická micelární koncentrace
MKP	Metoda konečných prvků
NP(EO) ₁₀	Nonylfenol polyethoxylát
pH	Vodíkový exponent
SDS	Dodecylsíran sodný
TTAB	Tetradecyl trimethylamonium bromid
UV	Ultrafialový

Veličina	Jednotka	Popis
a_1, b_1, c_1, d_1, e_1	[mm]	rozměry vyplývající z obrázku 5-24
a_2, b_2, c_2, d_2, e_2	[mm]	rozměry vyplývající z obrázku 5-12
C_{dyn}	[N]	dynamická únosnost lineárního vedení
D	[m]	průměr role s tkaninou
$D_{vod,}$	[mm]	průměr vodícího válce
F	[N]	síla uvádějící balonek do pohybu
F_{AX}, F_{AY}, F_{AZ}	[N]	zatěžující síly od čisticí hlavy
F_{BY}	[N]	horizontální síla působící na vozík lineárního vedení na straně pohonu
F_{BZ}	[N]	vertikální síla působící na vozík lineárního vedení na straně pohonu
F_{CY}	[N]	horizontální síla působící na vozík lineárního vedení na straně obsluhy
F_{CZ}	[N]	vertikální síla působící na vozík lineárního vedení na straně obsluhy
F_{DX}	[N]	posuvová lineárního pohonu
F_{DY}	[N]	horizontální síla působící na saně lineárního pohonu
F_g	[N]	gravitační síla čisticí hlavy
F_n	[N]	normálová síla
F_{pneu}	[N]	síla od lineárního pneumotoru
F_R	[N]	reakční síla v dotyku čisticí hlavy a centrálního válce
F_t	[N]	třecí síla
F_{tah}	[N]	tahová síla přenášená tkaninou
F_{tmax}	[N]	maximální třecí síla
F_y	[N]	síla v ose y lineárního pohonu
F_{ymax}	[N]	maximální přípustná síla v ose y lineárního pohonu
F_z	[N]	síla v ose z lineárního pohonu
F_{zmax}	[N]	maximální přípustná síla v ose z lineárního pohonu
f_s	[-]	statický součinitel tření
f_v	[-]	srovnávací faktor zatížení

G	[N]	tíha balonku s vodou
g	[m/s ²]	gravitační zrychlení
i_{Mk}	[-]	převodový poměr
K	[mm]	délka poloměru ohybu energetického řetězu
k	[N·m ⁻¹]	tuhost soustavy
k_p	[-]	provozní součinitel
k_{posuv}	[-]	posuvová konstanta lineárního pohonu
L_h	[hod]	nominální životnost lineárního vedení
$L_{řet,}$	[mm]	celková délka energetického řetězu
$L_{tk,}$	[mm]	délka převinuté tkaniny připadající na jeden pulz senzoru
M_{AX}, M_{AY}, M_{AZ}	[Nmm]	zatěžující momenty od čisticí hlavy
M_k	[Nm]	krouticí moment elektromotoru
M_{k1}	[Nm]	krouticí moment kyvného pohonu
$M_{kprevin}$	[Nm]	krouticí moment potřebný pro převíjení tkaniny
M_y	[N]	moment v ose y lineárního pohonu
M_{ymax}	[N]	maximální přípustný moment v ose y lineárního pohonu
M_z	[N]	moment v ose z lineárního pohonu
M_{zmax}	[N]	maximální přípustný moment v ose z lineárního pohonu
m	[kg]	hmotnost soustavy
m_b	[kg]	hmotnost balonku s vodou
m_{hlavy}	[kg]	hmotnost čisticí hlavy
n_{min}	[min ⁻¹]	nominální otáčky motoru
n_{mot}	[min ⁻¹]	otáčky motoru při maximální rychlosti čisticí hlavy
n_p	[-]	počet drážek na obvodu kotouče
P_E	[N]	ekvivalentní zátěž vozíku lineárního vedení
P_{mot}	[W]	výkon motoru
P_R	[N]	radiální nebo radiálně reverzní zátěž vozíku lineárního vedení
P_T	[N]	boční zátěž vozíku lineárního vedení
P_v	[W]	výpočtový výkon motoru
S	[mm]	délka pojezdu
v	[m/min]	rychlost vozíku lineárního vedení
z_1	[-]	počet zubů hnací řemenice
z_2	[-]	počet zubů hnané řemenice
Ω_0	[Hz]	vlastní úhlová frekvence soustavy

10 SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ**10**

Obr. 2-1	Princip flexotisku s využitím raklové komory [2]	12
Obr. 2-2	Schematické zobrazení archového stroje [2]	13
Obr. 2-3	Schéma stroje s barevníky uspořádanými za sebou [2]	14
Obr. 2-4	Schéma stroje s barevníky uspořádanými nad sebou [2]	14
Obr. 2-5	Schéma stroje se satelitním uspořádáním barevníků [2]	15
Obr. 2-6	Flexotiskové stroje firmy SOMA Engineering [6]	16
Obr. 2-7	Čistící jednotka společnosti DEFI SAS [8]	17
Obr. 2-8	Typické znečištění centrálního válce	17
Obr. 2-9	Umístění čistící jednotky ve stroji [9]	18
Obr. 2-10	Závislost DE na pH při čištění folie pomocí roztoku vody a CTAB o různých koncentracích [11]	20
Obr. 2-11	Závislost DE na pH při čištění folie pomocí deionizované vody [11]	20
Obr. 2-12	Schéma micely [14]	21
Obr. 2-13	Závislost množství odstraněného inkoustu na pH a kritické micelární koncentraci (CMC) surfaktantu CTAB [12]	21
Obr. 2-14	Zařízení pro čištění centrálního válce pomocí páry. [25]	23
Obr. 2-15	Rozložený pohled na čistící hlavu [25]	24
Obr. 2-16	Čistící hlava [25]	25
Obr. 2-17	Čištění za použití solventu, [26]	26
Obr. 2-18	Čistící jednotka ROSSINI, [27]	27
Obr. 2-19	Stírací zařízení: vlevo v klidové poloze, vpravo v pracovní poloze [28] ..	28
Obr. 2-20	Čistící jednotka – vrchní pohled [28]	29
Obr. 2-21	Zařízení pro čištění tiskové formy firmy Elletra s.r.l. [29]	30
Obr. 2-22	Mechanismus pro převíjení tkaniny [29]	31
Obr. 4-1	Umístění čistící jednotky	35
Obr. 4-2	První varianta čistící hlavy	36
Obr. 4-3	Řez čistící hlavou	37
Obr. 4-4	Druhá varianta čistící hlavy	38
Obr. 4-5	Řez čistící hlavou	38
Obr. 4-6	Uložení upínacího kuželu	39
Obr. 4-7	Brzda odvíjené role	39
Obr. 4-8	Třetí varianta čistící hlavy	40
Obr. 4-9	Detail uložení upínacích kuželů na straně obsluhy	40
Obr. 4-10	Brzda odvíjené role	41
Obr. 4-11	Čtvrtá varianta čistící hlavy	41
Obr. 4-12	Řez čistící hlavou	42
Obr. 4-13	Zajištění polohy odvíjené role	42
Obr. 4-14	Lineární pohon se synchronním řemenem [30]	43
Obr. 4-15	Lineární pohon s kuličkovým šroubem firmy HIWIN [31]	44
Obr. 5-1	Čistící jednotka	45
Obr. 5-2	Umístění čistící jednotky ve stroji	45
Obr. 5-3	Centrální válec s nanesenými barvami	46
Obr. 5-4	Silové působení při určování koeficientu tření	46
Obr. 5-5	Hlavní nosník čistící hlavy	48
Obr. 5-6	Nosník čistící hlavy	48
Obr. 5-7	Úchyty nosníku – vlevo strana pohonu, vpravo strana obsluhy	49
Obr. 5-8	Okrajové podmínky a zatížení pro pevnostní analýzu nosníku	50

Obr. 5-9	Deformovaný tvar nosníku při zatížení uprostřed	50
Obr. 5-10	Okrajové podmínky modální analýzy nosníku	52
Obr. 5-11	Zatížení působící na lineární pohon [34]	53
Obr. 5-12	Zatížení a reakční síly působící na saně lineárního pohonu a lineární vedení	54
Obr. 5-13	Lineární vedení HIWIN MGN12 [35]	56
Obr. 5-14	Energetický řetěz HENNLICH Zipper [37]	57
Obr. 5-15	Uložení motoru	58
Obr. 5-16	Diagram pro určení typu řemenu [39]	60
Obr. 5-17	Prostředí programu Design Flex od firmy Gates	60
Obr. 5-18	Převod synchronním řemenem	61
Obr. 5-19	Modální analýza konzoly	61
Obr. 5-20	Indukční snímač pro detekci klidové polohy	62
Obr. 5-21	Čisticí hlava	63
Obr. 5-22	Upínací kužely pro uložení tkaniny v odsunuté poloze	63
Obr. 5-23	Uložení hřídelí navíjení a odvíjení tkaniny	65
Obr. 5-24	Silové zatížení působící na vozík lineárního vedení	67
Obr. 5-25	Přítlak tkaniny a rozvod čisticího prostředku	68
Obr. 5-26	Tkanina pro založení do čisticí hlavy	69
Obr. 5-27	Okrajové podmínky-modální analýza čisticí hlavy	70
Obr. 5-28	Snímání otáček pro odměřování délky tkaniny	71
Obr. 5-29	Jednotka čerpání čisticího prostředku	71
Obr. 5-30	Schéma přívodu čisticího prostředku	72
Obr. 5-31	Vlevo výkonnostní křivky čerpadla YAMADA DP-10-BAT, vpravo řez pneumaticky ovládaným ventilem Asco [42; 43]	72
Obr. 5-32	Pneumatické schéma čisticí jednotky	73
Obr. 5-33	Testovací rám pro odladění parametrů čištění	75
Obr. 5-34	Snímek obrazovky programu pro obsluhu čisticí jednotky.	76
Obr. 6-1	Čisticí jednotka v testovacím rámu	77
Obr. 6-2	Zpětné ventily ve vedení čisticího prostředku	78

11 SEZNAM TABULEK**11**

Tab. 5-1	Síly naměřené při uvedení balonku do pohybu [N]	47
Tab. 5-2	Hodnoty koeficientu tření pro jednotlivé barvy	47
Tab. 5-3	Redukované napětí průhyb nosníku	51
Tab. 5-4	Vlastní frekvence nezatíženého nosníku	51
Tab. 5-5	Vlastní frekvence zatíženého nosníku	52
Tab. 5-6	Parametry lineárního pohonu [34]	52
Tab. 5-7	Parametry motoru [38]	58
Tab. 5-8	Vlastní frekvence konzoly	62
Tab. 5-9	Parametry lineárního vedení EGH [41]	68
Tab. 5-10	Vlastní frekvence čisticí hlavy	69

12 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Vlastní tvary nosníku v zatíženém a nezatíženém stavu

Příloha 2: Protokol o návrhu řemenu pro lineární pohon

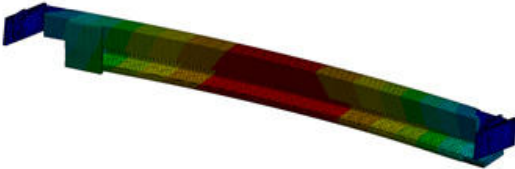
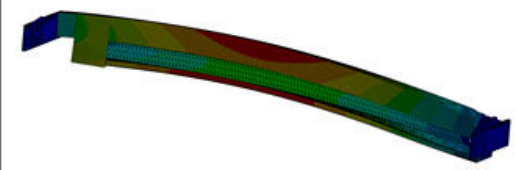

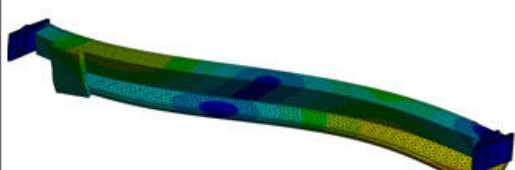
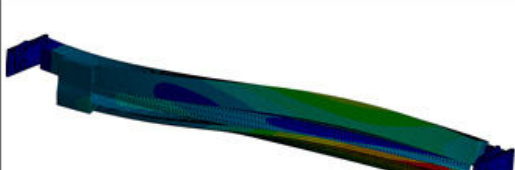
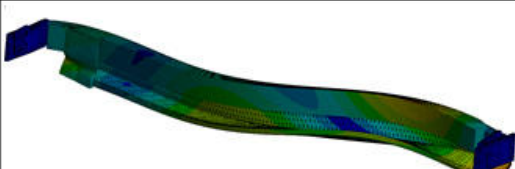
Příloha 3: Protokol o návrhu řemenu pro kyvný pohon

Příloha 4: Fotodokumentace



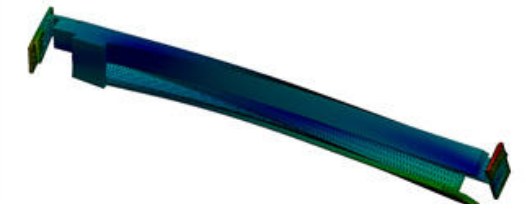



Externí přílohy:

Příloha 5: Výkres sestavení, seznam položek


Příloha 1

Modální analýza nosníku nezatížený stav	
Mód Frekvence [Hz]	Tvar
1 71,3	
2 125,6	
3 173,5	
4 202,1	
5 265,2	
6 381,2	


Modální analýza nosníku zatížený stav

Mód Frekvence [Hz]	Tvar
7 111,8	
8 192,4	
9 205,1	
10 230,4	
11 250,3	
12 338,6	

Příloha 2

 Návrh řemenového převodu - Detaily pohonu Design Flex	
Navrženo pro:	Zajišťuje: Jan Falta
Aplikace: Konstrukce #1	
VSTUP Známy řemen: PowerGrip GT3	
Poměr otáček: 1,00 Výkon motoru: 1,24 Nm, Účinnost: 92,00 % Provozní faktor: 1,6 Konstr. výkon: 1,98 Nm Středová vzdálenost: 305 mm +/-10% Stand. motoru: Elektrický motor	Známa velikost: 28 Zuby Otáčky za minutu: 3077,0 Maximální obvodová rychlost: 33 m / s Kontrolovaná pouzdra: Taper-Lock, Minimální díra Kontrolované řemeny: PowerGrip GT3
ZVOLENÝ POHON Typ řemene: PowerGrip GT3 - 5MGT	
Poměr otáček: 1,0 Rychlost hnaná: 3077,0 Nominální výkon: 11,99 Nm Na hřídel: 72 N Středová vzdálenost: 305,0 mm Instalační tolerance: 284,2 mm až 305,8 mm	Díl č.: 750-5MGT3-15 Produkt č.: 9400-55215 Horní šířka: -- Hmotnost: 46 g Obv. rychl. m/s: 7,2 m / s Otáčky za minutu: 574,3 Pouzdro položka č.: -- Díra: -- Roztečný průměr: --
Hnací: 28-5MR-15 Hnaný: 28-5MR-15 30,00 mm -- 7,0 m / s 3077,0 Minimální díra -- 44,56 mm	30,00 mm -- 7,0 m / s 3077,0 Minimální díra -- 44,56 mm
NAPĚTÍ	
Statické napětí (na drážku/žebro): 57 až 63 N Statický Belt Pull (Celková síla): 114 až 125 N Průhyb na drážku/žebro: 6,00 mm Síla v průhybu na drážku/žebro: 1,1 kgf Sonic - měřič napětí: 57 až 63 N Frekvence řemene: 50 až 52 Hz Nastavení Sonicu: Hmoty 4,1g / m, Šířka: 15 mm/#R, Rozpětí: 305 mm	Nový řemen: 57 až 63 N Použitý řemen: 40 až 45 N 80 až 91 N 6,00 mm 0,93 až 0,97 kgf 40 až 45 N 42 až 44 Hz
Pokud plánujete demontáž použitých řemenů, změřte a zaznamenejte napětí před demontáží a napněte řemen na původní napětí.	
POZNÁMKY	
<ul style="list-style-type: none"> - Pohon je předimenzován a účinnost může být snížena. - Šířka řemene byla zadána uživatelem. - Předimenzování vyžaduje využití minimálního statického napětí pro zajištění správného provozu. - Hnací řemenice musí mít požadovaný průměr díry. Počítejte s delší dobou výroby. - Hnací řemenice; hřídel by měla odpovídat volnému uložení H8. Hřídel musí vniknout na 100%. - Řídicí řemenice musí přilíbat. - Hnaná řemenice musí mít nestandardní průměr díry. Počítejte s delší dobou výroby. - Průměr díry hnané řemenice; hřídel by měla odpovídat volnému uložení Class LC2. Hřídel musí vniknout na 100%. - V návrzích převodu z Design Flex Pro je počítáno pouze s Gates produkty a nejsou použitelné na produkty jiných výrobců. - Výrobky Brány nejsou navrženy, vyrobeny nebo zkoušeny pro použití v aplikacích letadel, včetně letadel, vrtule nebo rotoru pohonné systémy, a všechny osazené nebo bezpilotních vzdušných prostředcích všeho druhu. Zvedací a Brzdové systémy mají zvláštní ohledy. Kupující má výlučnou odpovědnost za výběr a testování produktů pro každé zamýšlené použití. 	

Příloha 3

 Návrh řemenového převodu - Detaily pohonu Design Flex																															
Navrženo pro:	Zajišťuje: Jan Falta																														
Applikace: Konstrukce #1																															
VSTUP Známy řemen: PowerGrip GT3																															
Poměr otáček: 3,00 Do pomala Výkon motoru: 0,5 Nm, Účinnost: 79,00 % Provozní faktor: 1,6 Konstr. výkon: 0,8 Nm Středová vzdálenost: 70 mm +/-10% Stand. motoru: Elektrický motor	Známa velikost: 16 Zuby Otáčky za minutu: 90,0 Maximální obvodová rychlost: 33 m / s Kontrolovaná pouzdra: Minimální díra Kontrolované řemeny: PowerGrip GT3																														
ZVOLENÝ POHON Typ řemene: PowerGrip GT3 - 3MGT																															
Poměr otáček: 3,00 Do pomala Rychlost hnaná: 30,0 Nominální výkon: 2,39 Nm Na hřídel: 83 N Středová vzdálenost: 70,33 mm Instalační tolerance: 61,19 mm až 71,10 mm	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Řemen</th> <th>Hnací</th> <th>Hnaný</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Díl č.: 240-3MGT3-9</td> <td>16-3MR-09</td> <td>48-3MR-09</td> </tr> <tr> <td>Produkt č.: 9400-53247</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Horní šířka: --</td> <td>18,00 mm</td> <td>18,00 mm</td> </tr> <tr> <td>Hmotnost: 6 g</td> <td>--</td> <td>--</td> </tr> <tr> <td>Obv. rychl. m/s: 0,1 m / s</td> <td>0,1 m / s</td> <td>0,1 m / s</td> </tr> <tr> <td>Otáčky za minutu: 18,0</td> <td>90,0</td> <td>30,0</td> </tr> <tr> <td>Pouzdro položka č.: --</td> <td>Minimální díra</td> <td>Minimální díra</td> </tr> <tr> <td>Díra: --</td> <td>--</td> <td>--</td> </tr> <tr> <td>Roztečný průměr: --</td> <td>15,28 mm</td> <td>45,84 mm</td> </tr> </tbody> </table>	Řemen	Hnací	Hnaný	Díl č.: 240-3MGT3-9	16-3MR-09	48-3MR-09	Produkt č.: 9400-53247			Horní šířka: --	18,00 mm	18,00 mm	Hmotnost: 6 g	--	--	Obv. rychl. m/s: 0,1 m / s	0,1 m / s	0,1 m / s	Otáčky za minutu: 18,0	90,0	30,0	Pouzdro položka č.: --	Minimální díra	Minimální díra	Díra: --	--	--	Roztečný průměr: --	15,28 mm	45,84 mm
Řemen	Hnací	Hnaný																													
Díl č.: 240-3MGT3-9	16-3MR-09	48-3MR-09																													
Produkt č.: 9400-53247																															
Horní šířka: --	18,00 mm	18,00 mm																													
Hmotnost: 6 g	--	--																													
Obv. rychl. m/s: 0,1 m / s	0,1 m / s	0,1 m / s																													
Otáčky za minutu: 18,0	90,0	30,0																													
Pouzdro položka č.: --	Minimální díra	Minimální díra																													
Díra: --	--	--																													
Roztečný průměr: --	15,28 mm	45,84 mm																													
NAPĚTÍ																															
Statické napětí (na drážku/žebro): 40 až 44 N Statický Belt Pull (Celková síla): 77 až 85 N Průhyb na drážku/žebro: 1,00 mm Síla v průhybu na drážku/žebro: 0,41 až 0,44 kgf Sonic - měřič napětí: 40 až 44 N Frekvence řemene: 289 až 303 Hz Nastavení Sonicu: Hmoty 2,8g / m, Šířka: 9 mm/#R, Rozpětí: 69 mm	Použitý řemen 28 až 32 N 54 až 62 N 1,00 mm 0,31 až 0,34 kgf 28 až 32 N 242 až 258 Hz																														
Pokud plánujete demontáž použitých řemenů, změřte a zaznamenejte napětí před demontáží a napněte řemen na původní napětí.																															
POZNÁMKY																															
<ul style="list-style-type: none"> - Pohon je předimenzován a účinnost může být snížena. - Délka řemene byla zadána uživatelem. - Motážní přesnost vychází ze zadaného rozsahu osových vzdáleností. - Hnací řemenice musí mít požadovaný průměr díry. Počítejte s delší dobou výroby.. - Hnací řemenice; hřídel by měla odpovídat volnému uložení H8. Hřídel musí vniknout na 100%. - Řídicí řemenice musí přilíbat - Hnaná řemenice musí mít nestandardní průměr díry. Počítejte s delší dobou výroby. - Průměr díry hnané řemenice; hřídel by měla odpovídat volnému uložení Class LC2. Hřídel musí vniknout na 100%. - V návrzích převodu z Design Flex Pro je počítáno pouze s Gates produkty a nejsou použitelné na produkty jiných výrobců. - Výrobky Brány nejsou navrženy, vyrobeny nebo zkoušeny pro použití v aplikacích letadel, včetně letadel, vrtule nebo rotoru pohonné systémy, a všechny osazené nebo bezpilotních vzdušných prostředcích všeho druhu. Zvedací a Brzdové systémy mají zvláštní ohledy. Kupující má výlučnou odpovědnost za výběr a testování produktů pro každé zamýšlené použití. 																															

Strana 1 z 1

3.44/3.33/2.49/ Evropa Čestina

Protokol o návrhu synchronního řemenu pro převíjení tkaniny z programu Desing Flex

Příloha 4



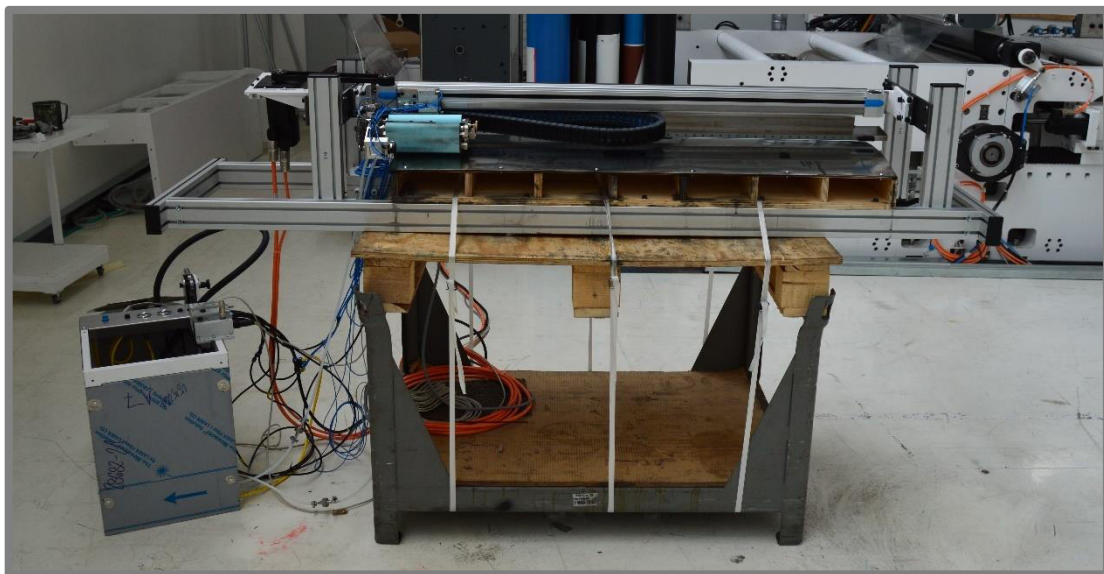
Příčnick připravený pro montáž dalších součástí



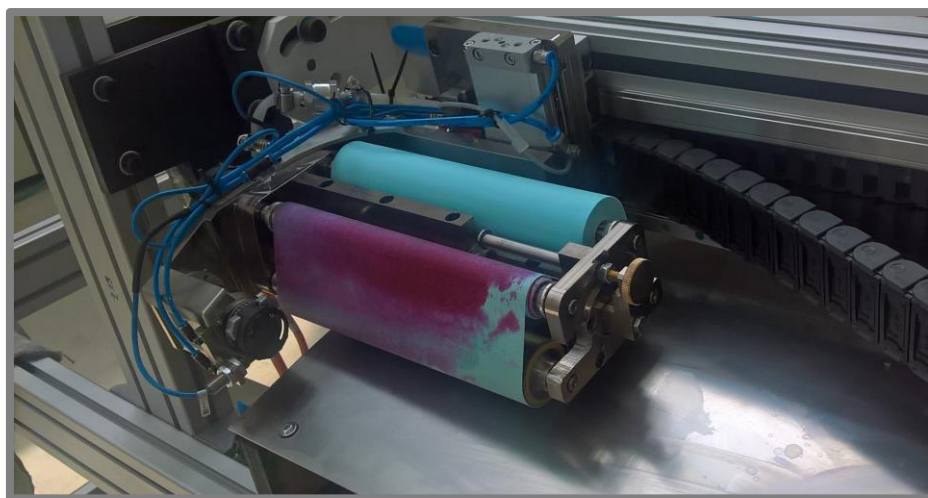
Nosník opatřený energetickým řetězem a upínací deskou



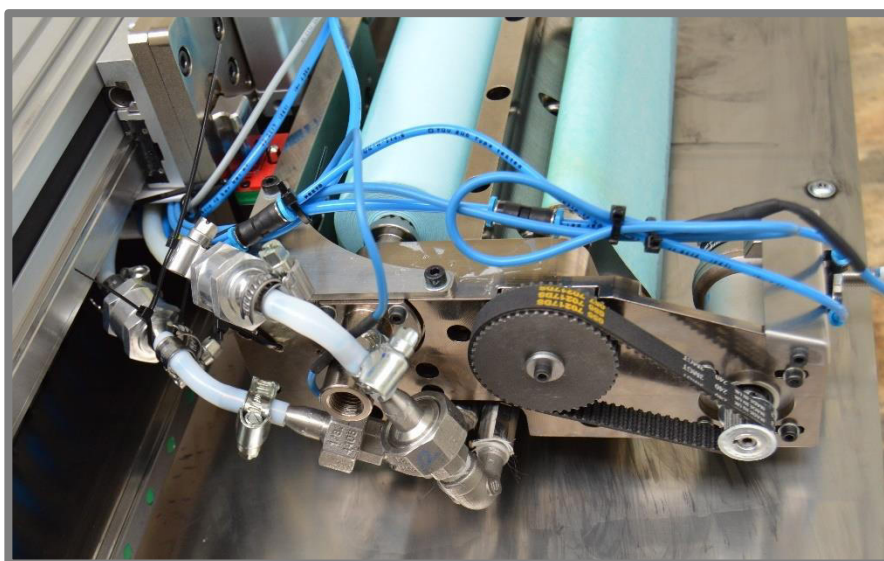
Zkušební rám před vložením čističí jednotky



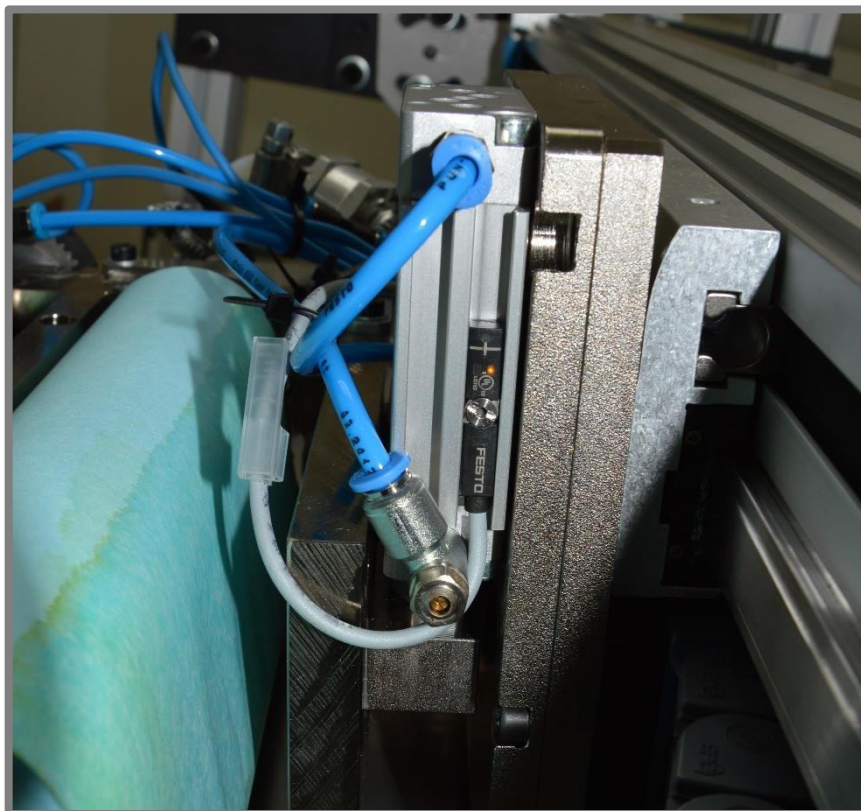
Funkční vzorek čističí jednotky



Čističí hlava



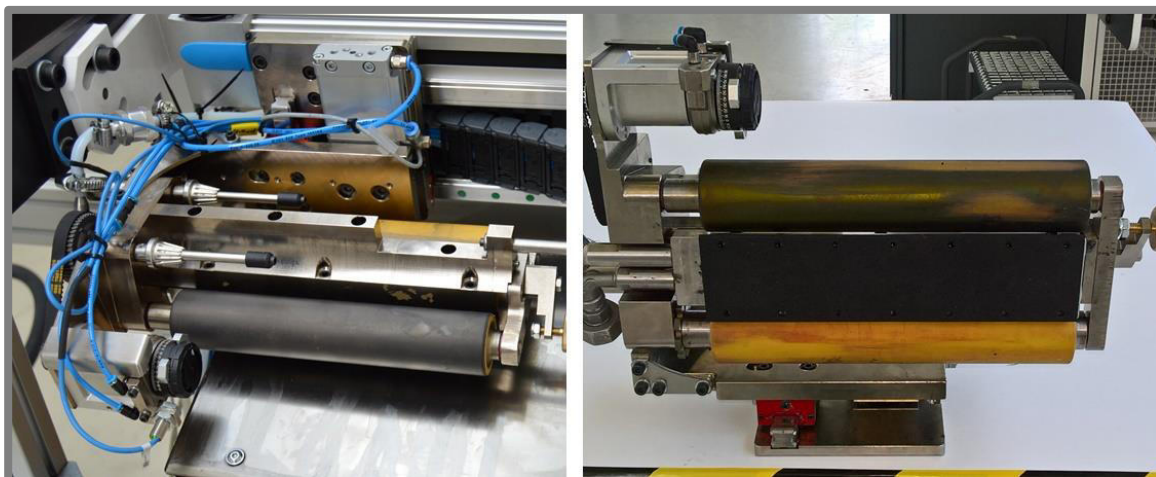
Převod synchronním řemenem a přívod čisticího prostředku do čističí hlavy



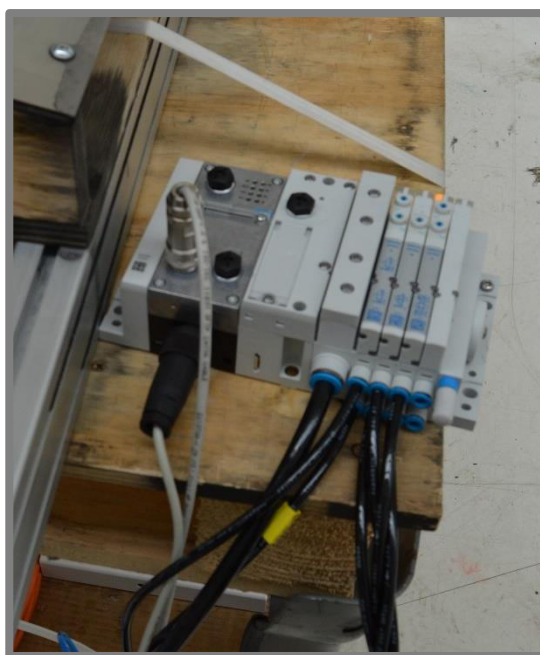
Snímač pro detekci zvednuté polohy čistící hlavy



Snímač otáček vodícího válce pro měření délky tkaniny



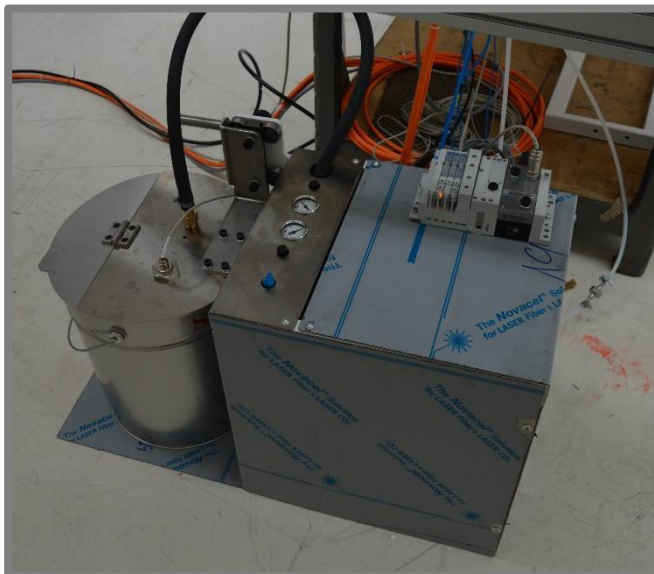
vlevo: Čistící hlava před vložením tkaniny, vpravo: spodní pohled na čistící hlavu



Ventilový terminál



Panel s manometry a redukčními ventily na jednotce čerpání čisticího prostředku



Jednotka čerpání čisticího prostředku



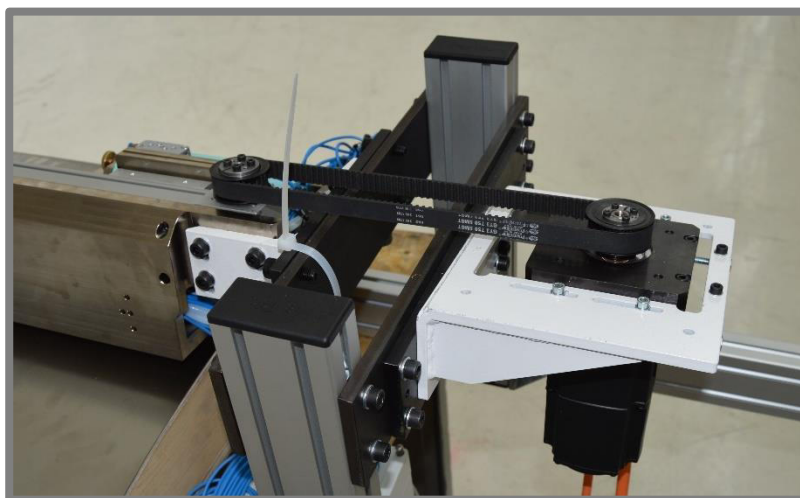
Pneumatické membránové čerpadlo



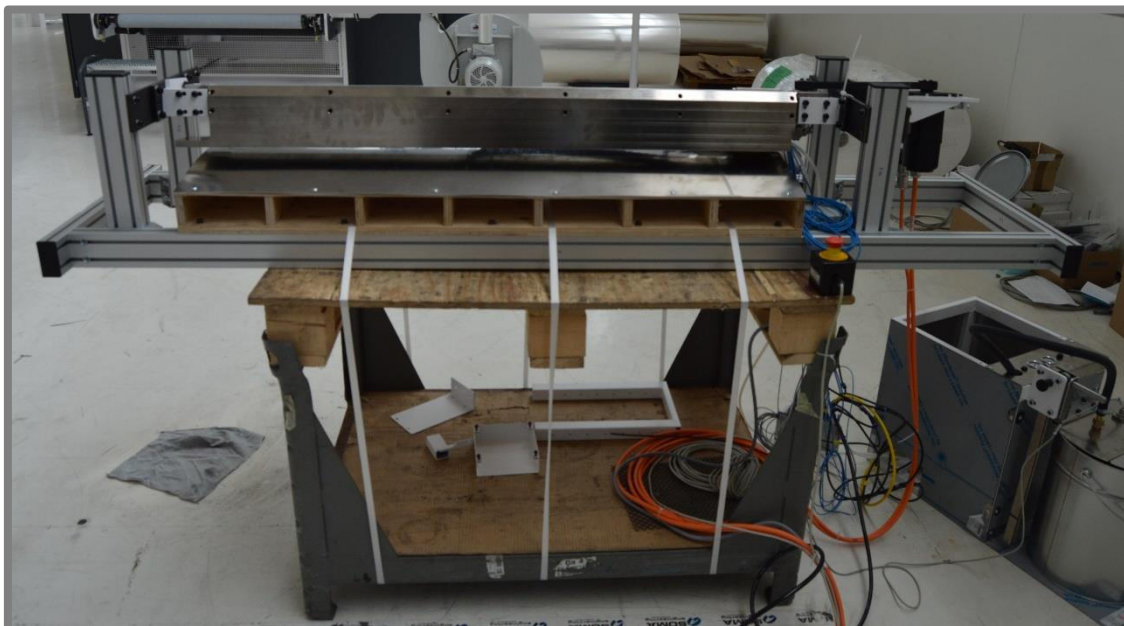
Pneumaticky ovládané ventily



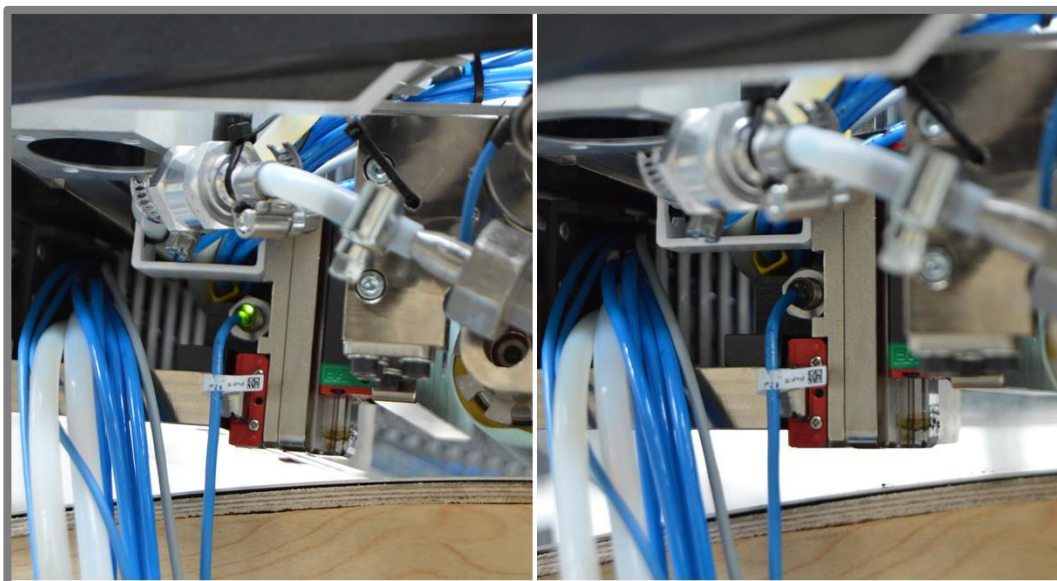
Sání čistícího prostředku



Uložení motoru



Zadní pohled na čisticí jednotku



Snímač klidové polohy čisticí hlavy – pokud snímač svítí hlava se nenachází v klidové poloze



Konzola a kryt na řemenici pro vedení kabelů kolem motoru



Testovací znečištění centrálního válce ředidlovou barvou